

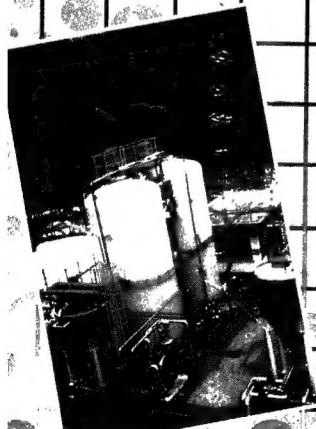
تكنولوجيا

معالجة المياه

والصرف الصحي

دكتور

أحمد فؤاد النجعاوى



دار الفكر العربي
مصر

الناشر:

منشأة المعارف، جلال حزى وشركاه

٤٤ شارع سعد زغلول - محطة الرمل - ت/ف : ٤٨٣٣٣.٣ - ٤٨٥٣.٥٥ الإسكندرية

٣٧ شارع دكتور مصطفى مشرفة - سوتير- ت : ٤٨٤٣٦٦٢ - ٤٨٥٤٣٣٨ الإسكندرية

الإدارة : ٢٤ شارع إبراهيم سيد احمد - محرم بك - ت/ف : ٤٩٢٢١٦٤ الإسكندرية

حقوق التأليف:

جميع حقوق الطبع محفوظة، ولايجوز إعادة طبع وإعادة طبع واستخدام كل أو أى جزء من هذا الكتاب الا وفقا للأصول العلمية والقانونية المتعارف عليها .

الإيداع بدار الكتب والوثائق القومية :

تكنولوجيا معالجة الماء والصرف الصحى فى الوحدات الانتاجية د / احمد فؤاد التيجارى

رقم الإيداع : ٢٠٠٠/٩٠٥٠

التزقيم الدوائى : 977-03-0755-6

التجهيزات الفنية :

جمع كمبيوتر وتصميم غلاف : سلطان كمبيوتر

طباعة : شركة الجلال للطباعة

تكنولوجيا
معالجة الماء والصرف الصناعي
في الوحدات الانتاجية

الدكتور
أحمد فؤاد النجعاوي

٢٠٠٠

كلمة المؤلف

”الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله“

بفضل من الله وتوفيقه تم استكمال هذا المؤلف عن معالجة الماء للاستخدامات الصناعية وكذلك معالجة ماء الصرف الصناعي .

ولقد كان الهدف الأول هو تقديم مؤلف يجمع بين طياته كل المعلومات والبيانات وكذلك الخواص القياسية للنوعيات المختلفة من الماء سواء كمادة أساسية أو كوسيط في عمليات التصنيع كماء لتغذية الغلايات وذلك لما يواجهه السادة الفنيين في الوحدات الانتاجية من صعوبات في الحصول علي هذه المعلومات .

ولقد كانت هذه المشكلة تواجهني منذ أن كنت مديراً للإنتاج في إحدى الشركات التي كانت تعمل في مجال الغزل والصباغة وكانت المشكلة الرئيسية هي كيفية الحفاظ علي الغلايات في حالة جيدة بعيدا عن المشاكل التي قد ينجم عنها كارثة محققة . وكان الحل حينئذ إسناد عملية الصيانة والاشراف إلى إحدى الشركات المتخصصة في هذا المجال .

أما الهدف الثاني فكان المساهمة ولو بجهد متواضع في مشكلة مقاومة التلوث البيئي عن طريق معالجة الصرف الصناعي ، خاصة أن هذه المشكلة أصبحت تهم كل السادة المسئولين عن المصانع التي تعمل في المجال الصناعي .

وبرغم حجم الموضوع وتشعبه إلا أنه أمكن بفضل الله وتوفيقه احتوائه وتبسيطه بما في ذلك من جوانب علمية وتطبيقات عملية مزوداً بالجداول والأرقام للقياسية لقوانين البيئة .

وقد ساهم في تذليل هذا الجهد ما تزخر به المكتبة العربية من مؤلفات وما قدمه مشروع ترشيد الطاقة وحماية البيئة وكذلك ما قدمته وزارة البيئة من كتب ومحاضرات ونشرات خاصة بهذا الموضوع هذا بجانب النشرات والكتب العلمية والاجنبية .

وأنتى أحمدالله وأشكره على ما وهبنى من قدرة على إنجاز هذا المؤلف وأرجو من
الله أن يتقبل منى هذا العمل خالصا لوجهه .

المؤلف

د/أحمد فؤاد النجعاوى

الباب الاول

الماء ومصادره

الفصل الاول : الماء

الفصل الثاني : مصادر الماء

الباب الاول

الفصل الاول

الماء

مقدمة عامة

لقد كرم الله الماء بذكره في القرآن الكريم في مواضع كثيرة علي أساس أن الماء هو سر الحياة كما جاء في سورة الانبياء

بسم الله الرحمن الرحيم

« وجعلنا من الماء كل شيء حي »

صدق الله العظيم

ويرجع السر في عظمة هذا السائل الشفاف الذي لا لون له ولا طعم ولا رائحة أن له من الصفات ما ليس لغيره ، فالماء يستخدم في الصناعات الكيميائية لأغراض متعددة ، ويعود سبب أفضلية الماء علي السوائل الأخرى إلى بعض الخواص الفريدة التي يتميز بها الماء دون غيره من المذيبات منها توافره في الطبيعة حيث يغطي الماء ثلاثة أرباع الكرة الأرضية ويتغلغل في اليابسة علي هيئة أنهار وترع وآبار جوفية ومياه أمطار وغير ذلك أضف إلي ذلك خواصه الذوبانية حيث يعتبر مذيبا مستقطبا مثاليا للعديد من المواد العضوية ويعتبر الماء مادة أولية أساسية كمصدر للهيدروجين الذي يعتبر أحد المواد الأساسية للصناعات الكيميائية .

من ناحية أخرى فإن الماء هو أرخص المذيبات علي الإطلاق وتتوفر فيه كافة شروط الامان حيث يمكن أن يعتبر الماء النقي المركب الكيميائي الوحيد الذي لا يؤذي الانسان والاحياء الأخرى . ويتمتع الماء بخواص فيزيائية فريدة مثل

شفافيته وكثافته ودرجة تجمده وجليانه وحرارته النوعية وغير ذلك من الخواص .
وتحتاج المنشآت الصناعية إلى الماء في شتى المجالات ويعتبر تجهيز المنشأة الصناعية بالماء أحد العوامل الأساسية التي تؤخذ بنظر الاعتبار عندما يراد إنشاء وحدة صناعية وليس من الغريب أن نجد أن معظم المنشآت الصناعية في العالم تقع بالقرب من مصادر المياه الطبيعية .

فالماء يستخدم لغرض التبادل الحرارى أي يستخدم الماء لغرض التبريد والتسخين ، فعندما تحتاج العملية الصناعية إلى تبريد - والتي لا تكاد تخلو من ذلك - فيعتبر الماء خير وسيط لنقل الحرارة لذلك نجد استخدام الماء في المكثفات (condensers) والمبادلات الحرارية (Heat exchangers) ومبردات التجميد (Refrigeration) ومعدات تكيف الهواء (conditioning) وإبراج التبريد .

ويستخدم الماء في التبريد لغرض السيطرة على درجة حرارة التفاعل في العمليات الباعثة للحرارة (Exothermic) وتستهلك كميات كبيرة من الماء لهذا الغرض .

ويستخدم الماء بكثرة في التسخين أيضا حيث يعتبر وسيطا مثاليا لنقل الحرارة فيستخدم بخار الماء المسخن في عمليات التسخين والتدفئة المركزية .

ويعتبر الماء مادة أولية عندما يدخل في تركيب الناتج أو يشترك في تفاعل كيميائي فيعتبر الماء من المواد الأولية الأساسية للعديد من عمليات التصنيع الكيميائي مثل صناعة المشروبات ، وفي صناعة الأحماض وفي عمليات إنتاج الكحولات من الأوليفينات بواسطة إضافة الماء ، وتعتبر العمليات المعتمدة على التحلل المائي من العمليات المألوفة في صناعة الصابون ويدخل الماء في تفاعلات عديدة لإنتاج الهيدروجين وإنتاج غاز الماء (الغاز الصناعى) ، ويعتبر الماء مذيبا قطبيا مهما جدا إذ يستخدم الماء كمذيب مألوف لدى جميع المنشآت الصناعية ، ويستخدم الماء بكثرة لإزالة الشوائب من المواد الأولية والنواتج النهائية وذلك عن طريق غسلها بالماء أو بواسطة بعض المحاليل المائية ، ويعتبر فعل الماء كمذيب للملاح الأساس في استخراج الملح والكلور والقلويات ، كما يستخدم الماء كمذيب في صناعة الفولاذ حيث يستخدم في تنظيف السطوح

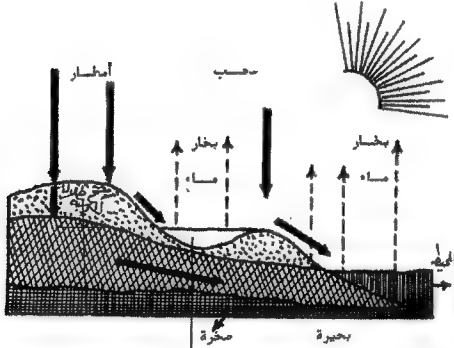
المعدنية، ويستخدم أيضا في الصناعات النسيجية كمذيب لتنظيف الانسجة والاقمشة كما يستخدم في عمليات الصباغة والطباعة وعمليات التجهيز النهائي.

وللماء استخدامات صناعية متنوعة عديدة أخرى حيث يستخدم كوسيلة لنقل المواد الأولية بهيئة محاليل أو مواد عالقة أو مواد مستحلبة ، ويستخدم الماء الساخن في تعدين الكبريت ويعتبر الماء أساسيا في التعامل مع عجينة الورق أثناء التصنيع ، ويستخدم الماء كوسيلة فعالة لإطفاء الحرائق التي تحدث في الصناعة ، ويستخدم الماء أحيانا في توليد الطاقة الحركية ، ويستخدم تيار الماء المضغوط كوسيلة لتنظيف الأجزاء المعدنية والتراكيب الانبوبية ، ويستخدم الماء كعازل واق في المفاعلات النووية ، كمادة مهدئة في مفاعلات الطاقة النووية لكون الماء لا يكون أية نواتج نشطة إشعاعيا عند تعرضه للدقائق أو الأشعاعات المؤينة ، والماء يستخدم في توليد البخار في الغلايات لتوليد الطاقة اللازمة في كافة الصناعات .

الفصل الثاني مصادر الماء (Sources of Water)

إن المصدر الرئيسي للماء هو مياه الأمطار التي تتبخر من البحار والمحيطات وتتكثف على هيئة أمطار تنساب على هيئة قنوات وأنهار أو تتوغل تحت سطح الأرض مكونة مياهًا جوفية .

وعملية تكوين الأمطار نتيجة بخر مياه البحار والمحيطات يخضع لميكانيكة دقيقة تعرف بالدورة الهيدرولوجية (The Hydrological Cycle) .
وأنقل هنا ما جاء في كتاب (الماء ودوره في التنمية) للاستاذ الدكتور/ عبد المنعم بليغ - عن الدورة الهيدرولوجية الآتي :



شكل (١) رسم توضيحي الدورة المائية «الهيدرولوجية»

الدورة المائية (The Hydrological Cycle)

الشمس والارض والغلاف الجوى تكون معا الآلة العجيبة التى (تنتج) لنا المناخ ، فالشمس هى الفرن الذى يتحول فيه الوقود إلى طاقة إشعاعية ، والمناطق الحارة من الارض هى « الغلاية » أو « القزان » التى تتحول بها الطاقة إلى حرارة مقيدة وتحرك هذه الحرارة الهواء الجوى لينجز « شغلا وهو خاتنسميه » بالمناخ « والشغل الناتج عن هذه « الآلة » ضئيل فهو لا يتعدى تحويل ٣ ٪ من الوقود الذى يعطى لها طاقة حركية ، غير أن فى هذه النسبة ما يكفى لتنشأ الرياح التى تنقل ملايين الاطنان من الاتربة وبخار الماء آلاف الكيلو مترات . ويمكن أن يقال أن مناخ الارض يبدأ صنعه فى منتصفها ، إذ تستقبل المنطقة الاستوائية طاقة شمسية لكل كيلومتر مربع أكثر مما تستقبل المناطق القطبية ، ولو كان الغلاف الهوائى للارض جافاً صافياً، لمرت الحرارة المنعكسة من الارض بما فيها المنطقة الاستوائية سريعا إلى الفضاء ، غير أن ثلاثة أرباع سطح الارض مغطى بالماء ، والسما فوقها أيضا محملة أيضا ببخار الماء بدرجات مختلفة ، وهذا البخار نعمة خاصة لا غنى عنها للحياة على سطح الارض ، فبرغم أن الاوكسجين والنيتروجين لا يمتصان الحرارة إلا أن الماء ذو قدرة فائقة فى هذا المجال ، فالحرارة الصاعدة من اليابسة والمحيطات يمتصها بخار الماء وقطراته بالسحب بمعدلات عالية ، ثم يعاد إشعاعها إلى الارض .

ويتحرك الهواء لأن جزءاً منه محمل بالطاقة أكثر من جزء آخر ، فعندما يسخن الهواء تضطرب جزيئاته ويصطدم بعضها ببعض ، ويمتد الهواء وبذا يقل عدد جزيئاته لكل ١ سم ٣ ويقل بالتالى وزن عمود الهواء ، أو بمعنى آخر يقل ضغط عمود الهواء الساخن من عمود نظيره من الهواء البارد وبذا يندفع الهواء البارد - ذو الضغط العالى - مزحزحا الهواء الساخن الى الاتجاه الوحيد الذى يمكنه التحرك فيه بأعلى فالاختلاف فى درجات الحرارة يخلق عدم توازن فى الضغط يؤدي إلى تدفق الهواء من منطقة ذات ضغط عال إلى أخرى ذات ضغط منخفض ، فالهواء الذى يتمدد يطرد إلى أعلى وينتشر إلى الشمال وإلى الجنوب ، وفي أسفل يتجه الهواء البارد نحو المنطقة الاستوائية ليحل محل الهواء الساخن ، ويصل الهواء الساخن إلى ارتفاع قد يصل إلى ١٠ - ١٥ كم

متحركا في مناطق منخفضة الضغط ويبرد هذا الهواء ويسقط نحو الارض من جديد في المناطق الشمالية أو الجنوبية بعد أن يكون قد برد وزاد ضغطه فيبدأ طريقه نحو خط الاستواء مرة أخرى ، وهكذا تبدأ الرياح .

ويسقط المطر نتيجة لهذه الآلية المنتظمة :

بخار الماء - تكثف قطراته - سقوط المطر

وتستهلك $\frac{1}{3}$ الطاقة الشمسية التي تصل إلي الارض في تبخير الماء بكمية تصل نحو ٩٥ ألف ميل مكعب في السنة. ومن وقت أن تتبخر قطرة من الماء ، حتي تسقط مطراً على سطح الأرض تكون هذه القطرة قد رحلت آلاف الكيلومترات. ويسقط في كل دقيقة من المطر علي سطح الكرة الأرضية ما لا يقل عن بليون طن .

ويحدث تكثف البخار عندما يبرد ، وفي الظروف الجوية توجد علاقة بين درجة الحرارة وبين قدرة الماء علي البقاء في حالة بخار ، وكلما زادت درجة حرارة البخار كلما زادت حركة جزيئاته ، وعندما تكون الجزيئات في حالة حركة بسرعة مناسبة فإنها تستطيع أن تتزاحم مع بعضها دون أن تلتصق ببعضها أو بالأجسام القريبة منها ، ولذا فالهواء الدافئ يمكنه أن يحتوى قدراً كبيراً من جزيئات البخار ، ولكن إذا برد الهواء الدافئ يمكنه أن يحتوى قدراً كبيراً من الأجسام عند تصادمها بها ، ويبدأ البخار حينئذ في التكثف ، ويحدد مقدار البخار الموجود درجة الحرارة التي يحدث التكثف عندها ، فإن كان عدد جزيئات البخار قليلاً نسبياً ، فإن احتمالات تصادمها حتى في درجة حرارة منخفضة تقل ، بينما إذا كان الهواء مكتظاً بجزيئات البخار فإنها تتكثف حتى في درجة حرارة مرتفعة ، وتسمى درجة الحرارة التي يتكثف عندها مقدار من البخار مختلطاً مع مقدار من الهواء (نقطة الندى) .

وثمة عامل آخر يؤثر علي تكثف البخار غير درجة الحرارة ومقدار الماء ، وهو سطح ما أو جسم ما يمكن للماء أن يتكثف عليه ، وفي غياب هذه السطوح يبطئ التكثف كثيراً . وقد درس الباحثون وجود هذا السطح واتضح من بعض دراساتهم أن البخار الذي يتكثف نتيجة وجود مقدار معروف منه في مقدار محدد من الهواء يزيد بمعدل أربع مرات عن المقدار الذي يتكثف من نفس مقدار البخار ،

وفي وجود نفس المقدار من الهواء إذا كان هذا الهواء مرشحا أو إذا كان البخار في فراغ بدلا من الهواء .

ترفع الشمس الماء من سطوح البحيرات والبحار والمحيطات ومجاري الأنهار علي اختلاف حجومها وما ينتج من النباتات ، وتتكون السحب التي تتحرك فوق اليابسة والماء ، وعندما ترتفع أو تلامس كتلا هوائية أبرد منها تتلاصق جزيئات البخار ولا تستطيع البقاء محمولة في الهواء وعندئذ يسقط المطر أو البرد أو الثلج.

ولو أن الأرض كانت تبعد عن الشمس بمقدار ١٥٠ مليون كم لما وجد علي الأرض من مزيج الرطوبة الغازية والسائلة والجامدة ولوقلت المسافة بين الأرض والشمس بنحو ١٠ ٪ فأصبحت ١٣٥ مليون كم لارتفعت درجة حرارة مياه البحار والمحيطات لدرجة الغليان وتبخرت ، وكذا لو كان مدار الأرض يبعد عن الشمس بأكثر من ١٦٦ مليون كم لظل عصر الجليد قائما علي الأرض إلى الأبد.

ويقدر أن ما يقرب من ٣٩٠-٤٥٠ ألف كم^٣ من مياه الكرة الأرضية يتبخر سنويا ، ومن هذا المقدار ٣٢٨ ألف كم^٣ تتبخر من المحيطات والبحار ونحو ٦٠ ألف كم^٣ من مياه الكرة الأرضية يتبخر سنويا . ويسقط علي اليابسة سنويا نحو ١٠٠-١١٤ ألف كم^٣ من الأمطار فكأن نصيب اليابسة من المطر يفوق ما يتبخر منها سنويا .

يتبخر الماء من سطح الأرض والمسطحات المائية من بحار ومحيطات فتتكون السحب ثم تسقط الأمطار فتندفق المياه على سطح الأرض حيث يتبخر مرة أخرى ، أو من النباتات حيث ينتج بخار الماء الذي يتصاعد إلي الغلاف الجوي أو ينفذ خلال الأرض فيسيل مع الماء الجوفي إلي البحار مرة أخرى حيث يتبخر مكونا السحاب ، وهكذا في دورة لا نهائية مكونة نظاما مغلقا نشطا بصفة مستمرة .

تتمتع النباتات جزءا من الماء الذي ينفذ خلال الأرض ، وما يبقى منه يرشح في باطن الأرض مكونا الماء الجوفي المخزون في المسافات التي تخلل مواد القشرة الأرضية مثل الرمال والحصى ذات المسام الكبيرة ويسحب منها الماء عن طريق حفر الآبار .

وإذا سقط المطر علي تربة غير منفذة فقد يسيل الماء علي سطح الارض في بحيرات وجداول وسيول ، أما إذا كان سطح الارض مساميا أو كانت التربة مغطاة بنباتات تخفف من وقع قطرات الماء المتساقطة ، فإن تسرب الماء إلي باطن الارض يزداد ويقل تدفقه علي السطح ، وتنخفض سرعة حركة الماء عندما ينفذ من سطح التربة إلي باطنها ، وإذا كانت التربة شديدة الاندماج أو تحتوى نسبة كبيرة من الطين ، فقد تبطىء حركة الماء خلالها فلا يصل إلي المياه الجوفية إلا بعد فترة زمنية طويلة .

والماء الذي يصل إلي الخزان الجوفى لا يصل منفصلا عن الدورة المائية الطبيعية ، إذ يتحرك هذا الماء الجوفى عائدا إلي المحيط ، ولو أن ذلك قد يحدث ببطء شديد ، وقد يصادف الماء بحيرة يهضر ماؤها أو قد يندمج مع مجرى ماء يسيل فوق الارض ، وعندما يصل هذا المجرى إلي المحيط يمكن القول أن الدورة المائية الطبيعية قد اكتملت .

وتستمر الدورة الهيدرولوجية دون توقف ، ولا تزال الارض تعيش علي مددها الأصلية من الماء ، وهذا المدد لم يكد ينقص منه شيء حتى اليوم ، فليس هناك دليل مادي يثبت أن الماء يتسرب من الغلاف الجوى إلي الفضاء الجوى الخارجى بحيث يؤدي ذلك عاجلا أو آجلا إلى الاقلال من مخزون الماء فى الارض وتحول كوكبنا إلي صحراء جرداء خالية من الحياة .

من ذلك نجد الآتى :

ماء المحيطات يمثل ٩٧,٣ ٪

والماء العذب يمثل ٢,٧ ٪

ومن ذلك :

نجد الجليد بالمناطق القطبية يمثل ٧٧,٢ ٪

والماء الجوفى يمثل ٢,٢ ٪

ماء البحيرات والمستنقعات ٠,٣ ٪

في الغلاف الجوى ٠,٤ ٪

في الانهار والمجارى المائية ٠.١ ٪

يغطى الماء نحو ٧٥ ٪ من سطح الكرة الأرضية ، ويقدر الحجم الكلى على وجه الأرض برقم ضخيم نحو ١٣٨٦ بليون كم^٣ وتكون المحيطات ٩٦٥ ٪ (١٣٣٨ بليون كم^٣) من هذا الماء . ومن رأى الباحثين الاقرب للمنطق أن نسمى الكوكب الذى نعيش عليه (المحيط) أو (كوكب الماء) . بدلا من كوكب الأرض .

الماء العذب

يكفى المطر الساقط علي اليابسة ليمد كل فرد من سكان الارض بمقدار ٢٢ ألف جالون من الماء العذب النقي يومياً (٨٨ م^٣ / يوم) وهو قدر يزيد كثيراً عن حاجة البشر حتى بعد زيادة عددهم ولكن الاهم من متوسط ما يخص الفرد من الماء هو أين يسقط هذا الماء ، ومعروف أن العوامل الجغرافية والرياح تحدد المواقع التي يسقط فيها المطر ، ونحن نعرف أن الامطار تسقط بمعدلات غاية فى الاختلاف فهى علي سبيل المثال تصل إلى نحو ٣١٢ م^٣ في جزر هاواى التي تعتبر أغزر مواقع الارض أمطاراً ، بينما لا تزيد عن ملليمترات قليلة أو تنعدم في صحراء النوبة في مصر والسودان .

ويبلغ حجم الماء العذب الذى يجرى بالانهار سنوياً نحو خمسين ألف كم^٣ ، يخص النصف الشمالى من الكرة الارضية القسم الاكبر من هذا المقدار .

ويلاحظ أن القسم من الكرة الارضية الغنى بماء الانهار لا يتمتع بدرجة حرارة كافية للنشاط الزراعى ، بينما القسم الذى به حرارة أكبر لا يحتوى ماء كافياً ، ويشمل هذا القسم نحو ٣٣٪ من اوربا و ٦٠٪ من آسيا وجميع أستراليا وغرب أمريكا الشمالية و ٣٠٪ من أمريكا الجنوبية ويشكل سكان اوربا نحو ٢٠٪ من سكان العالم وفيها نحو ٧٪ فقط من موارد الماء العذب أما آسيا ففيها نحو ٦٠٪ من سكان العالم و٣١٪ من موارد الماء العذب .

فتعمة البشر ليست مقسمة علي البشر بالتساوى ، فعلى الرغم أن المياه العذبة ضرورة من ضرورات الحياة والصحة فإن نصف سكان العالم الثالث محرومون من الماء الصالح للشرب ، وثلاثة أرباعهم محرومون من المرافق الصحية ، وفي نفس الوقت ينجم أكثر من ثلاثة أرباع الامراض التي تصيب الانسان من نقص مياه الشرب والافتقار إلى تلك المرافق .

وفي دراسات العقد المائى الدولي (Int.Hydrology Decade). أوضح الباحثون الروس أن إحتياطى الماء العذب في العالم وفى جملته ماء الانهار والبحيرات والماء الجوفي وحقول الثلج الجليدية والانهار الجليدية يبلغ نحو ٣٥ مليون كم^٣ أو نحو ٢,٥٪ من مجموع ماء الارض ، ولكن الكمية المتاحة من هذا

المقدار بسهولة ويسر أقل كثيراً من ذلك ، إذ أن ٧٠ ٪ من هذا الاحتياطي متجمد بالفعل في ثلوج جليد المنطقة القطبية الشمالية وقارة أنتاركتكا بالقطب الجنوبي وجرينلاند ، ويقدر ما بباطن الأرض من الماء العذب بنحو ١٠ ٥ مليون كم^٣ ، ويشكل هذا الاحتياطي أحد المصادر الرئيسية لكثير من البلاد .

فمشكلة البشرية ليست عدم كفاية الماء بالأرض ، إذ يبلغ جملة الماء بالكرة الأرضية نحو ٣٨٦ ر ١ بليون كم^٣ بل هي أن الماء العذب محدود الكمية ، إذ أن ٩٦ ٪ من جملة الماء بالكرة الأرضية يكون المحيطات والبحار ، أما الماء العذب المتاح للبشر من الماء السطحي بالانهار وهو المصدر الرئيسى فلا يزيد عن ٤٥-٥٠ كم^٣ ، وحتى هذا القدر من الماء لا يمكن إستغلاله جميعه ، فالماء العذب القابل للإستخدام سنوياً نحو ١٢٥٠٠ كم^٣ .

الباب الثاني

نوعية الماء والمواد الملوثة له

والمشاكل الناجمة عنه

الفصل الاول : نوعية الماء

الفصل الثاني : المواد الملوثة الذائبة في الماء

الفصل الثالث : عسر الماء والمشاكل الناجمة عنه

الفصل الاول

نوعية الماء

(Water Quality)

يمكن تقسيم المياه بالنسبة لصلاحيتها للاستخدام كالآتى :

١- المياه النقية الصالحة للإستعمال (Safe Water)

وهو الماء الخالى من أية جراثيم ومن المواد المعدنية الذائبة التى تكسبه لونا أو تجعله غير صالح للإستعمال أو غير مستساغ الطعم أو الرائحة - أي تتوافر فيه خاصية النقاء (Purity) أي خلو الماء من مسببات اللون والعكارة والطعم والرائحة والصلاحية - أي عدم احتوائه علي شيء ضار بالصحة .

٢- المياه غير النقية (Polluted Water) أو الملوثة تلوثا طبيعيا

وهي المياه التى تعرضت لعوامل طبيعية أكسبتها تغيرا في اللون والطعم أو الرائحة أو العكارة نظراً لوجود مواد غريبة عضوية ذائبة أو عالقة في الماء ، إلا أن هذا لا يعني تأكيد عدم صلاحية المياه للشرب إذ قد لا يسبب عدم نقائها أية أمراض أو أضرار بالصحة للمستهلك .

٣- مياه غير صالحة للإستعمال (Contaminated Water) أو الملوثة

وهي المياه التى تحتوي علي بكتريا أو مواد كيميائية سامة تجعلها ضارة بالصحة العامة نظراً لما تسببه من أمراض مما يؤكد عدم صلاحيتها كمية الشرب . ولا يوجد الماء في الطبيعة نقيا صالحا للإستعمال - نادراً إذ أن في اللحظة التى تبدى ذرات البخار في التكثف إلى قطرات من الماء في الجو لتسقط علي هيئة أمطار إلى الارض ، فأنها تمتص بعض الغازات الموجودة في الهواء ويعلق بسطحها أثناء تساقطها بعض ذرات التراب الدقيقة العالقة في الجو ، وكذلك بعض البكتريا السابحة في الهواء ، فإذا لامست سطح الارض فإنها إما تسيل علي سطحه ملتقطة أثناء مسيرتها المواد العالقة العضوية وغير العضوية وكذلك

الاعداد الهائلة من البكتريا ، كما تذيب أثناء مسيرتها ما قد يقابلها من مواد قابلة للذوبان مثل المواد العضوية المتحللة أو المواد غير العضوية مثل الازوتيت، الكبريتات، والكلوريدات .

أما إذا تمسرت المياه داخل الأرض فإنها تذيب أثناء تسربها في مسام التربة نسبة من الأملاح التي تقابلها - ويتوقف تركيز هذه الأملاح على نوع طبقات الأرض وتكوينها وسرعة سريان الماء فيها وكذلك على عوامل جيولوجية أخرى .
والجدول الآتي يبين المواد التي تتواجد في المياه الطبيعية من مصادر مختلفة:

جدول (١) مياه الأمطار	
مواد عالقة	بعض الشوائب التي تتواجد في الجو عند نزول المطر
مواد ذائبة	الأكسجين ، الازوت ثاني أكسيد الكربون وبعض الأملاح
المياه السطحية	
مواد عالقة	الطين والطيني والكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبروتوزوا والبكتريا وكذلك المواد العضوية
مواد ذائبة	الأكسجين ، الازوت ، ثاني أكسيد الكربون ، أحماض عضوية ، نواشا ، أملاح الكلوريدات الازوتات والكبريتات .
مواد عالقة غروية	مواد ملونة وأحماض ومواد عضوية
المياه الجوفية	
مواد عالقة	بعض الكائنات الحية الدقيقة (نادرًا)
مواد ذائبة	أملاح الكربونات البيكربونات ، الكبريتات ، الازوتات والكلوريدات والهيدروكسيد للمغنيز والحديد والكالسيوم والصوديوم والغازات مثل الأكسجين والازوت .
مواد عالقة غروية	السيلكا وأكسيد الحديد

الفصل الثاني

المواد الملوثة الذائبة في الماء

تعتمد نوعية المواد الملوثة للماء علي ماء الامطار والطبيعة الجيولوجية لسطح الارض أو باطنه ، وكذلك علي تعداد السكان ونشاطهم وتنقسم ملوثات الماء إلي نوعين هما : -

١ - ملوثات الماء الذائبة .

٢ - ملوثات الماء الغير ذائبة .

وملوثات الماء الغير ذائبة يتم التخلص منها عادة بطرق الترسيب والترشيح ، كما سيأتى ذكره فيما بعد ، وإما الملوثات الذائبة ، فهي التي توجد في الماء على صورة أيونات ، إما سالبة إما موجبة (كما في الجدول المرفق) والتي تسبب في مشاكل عسر الماء . وقد تم تحديد هذه الملوثات اختصاريا إلي خمسة مجموعات ، الاربعة الأولى منها تعتمد علي التركيز ، أما المجموعة الاخيرة فإنها تغطي تلك المواد التي عادة ما تكون مؤقتة أو عابرة (transient) لانها فى تفاعل مستمر في المحيط المائي مما يترتب عليه اختلاف مستمر في تركيزها .

وفيما يلي جدول (٢) يبين الاملاح الذائبة في الماء تماما والمتأينة بشحنات موجبة مثل جزئ الكالسيوم (Ca^{++}) وسالبة الكبريتات (SO_4^{--})

جدول (٢)

الأيونات الذائبة في الماء

Cations		Anions	
Ca^{++}	Calcium	HCO_3^-	Bicarbonate
Mg^{++}	Magnesium	CO_3^{--}	Carbonate
Na^+	Sodium	SO_4^{--}	Sulfate
K^+	Potassium	Cl^-	Chloride
Fe^{++}	Ferrous Iron	NO_3^-	Nitrate
Fe^{+++}	Ferric	PO_4^{--}	Phosphate
H^+	Hydrogn	OH^-	Hydroxide

جدول (٣)

يبين التقسيمات المختلفة للأملاح الذائبة في الماء والتي تعتمد على تركيزها

Soluble Material in Water Supplies			
Class 1	Primary Constituents - generally over 5 mg / L		
	Bicarbonate	magnesium	sodium
	Calcium	Organic matter	Sulfate
	Chloride	Silica	Total dissolved solids
Class 2	Secondary Constituents - Generally over 0.1mg/ L		
	Ammonia	Iron	Potassium
	Borate	Nitrate	Strontium
	Fluoride		
Class 3	Tertiary Constituents - Generally over 0.01mg/ L		
	Aluminum	Copper	Phosphate
	Arsenic	Lead	Zinc
	Barium	Lithium	
	Bromide	Manganese	
Class 4	Trace Constituents - Generally less than 0.01mg/ L		
	Antimony	Cobalt	Tin
	Cadmium	Mercury	Titanium
	Chromium	Nickel	
Class 5	Transient Constituents		

وفي هذه الدراسة سوف يتم التركيز على أهم الأملاح الذائبة التي تسبب عسر الماء .

المجموعة الاولى - المكونات الاساسية

وهذه تشمل المواد الصلبة الذائبة والتي يتعدى تركيزها ٥ ملليجرام / لتر وقد يتجاوز هذا التركيز بكثير .

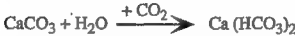
١- مجموعة البيكربونات (HCO_3^-) Bicarbonate

أيون البيكربونات هو المكون القلوي لمعظم مصادر المياه ويوجد عادة من ٥ - ٥٠٠ ملليجرام / لتر في صورة بيكربونات الكالسيوم (CaHCO_3) ، ويوجد في الماء عن طريق فعل الاذابة للبيكتريا المولدة لثاني أكسيد الكربون (CO_2) من المعادن المحتوية على الكربونات ، وكذلك النشاط الطبيعي للتعداد السكاني يعمل على إدخال مواد قلوية إلى الماء ، والقلوية في مصادر ماء الشرب نادراً ما تزيد عن ٣٠٠ ملليجرام / لتر ، والتحكم في القلوية له أهمية كبيرة في الكثير من الاستخدامات الصناعية بسبب الثبات الملموس لكربونات الكالسيوم - والتحكم في القلوية هام جداً أيضاً في ماء تغذية الغلايات والمبردات لذلك يلزم معالجة الماء المستخدم لحفض القلوية .

أ - كربونات وبيكربونات الكالسيوم

الكالسيوم هو العنصر الأساسي المسبب للعسر زعادة يكون من ٥ - ٥٠٠ ملليجرام / لتر لكربونات كالسيوم -- و كالسيوم ٢ - ٢٠٠ ملليجرام / لتر ويوجد في كثير من المعادن ، وأساساً في الحجر الجيري (Lime stone) والجبس (Gypsum) ، ورواسب الحجر الجيري هي غالباً البقايا المتحجرة للكائنات الدقيقة المائية .

ويحتوي الماء غالباً على ثاني أكسيد الكربون أو شاذ حامض الكربونيك (Carbonic acid) ، وعند مرور الماء المحتوي على الغاز على الحجر الجيري ، فإنه يعمل كحامض تجاه كربونات الكالسيوم مكوناً بيكربونات الكالسيوم كما في المعادلة :



وكلما كان هناك كفاية من ثاني أكسيد الكربون في الماء ، فإن هذا الملح يظل في المحلول ، ولكن لو أن هذا الغاز تم التخلص منه بالغليان ، لبدأ التفاعل العكسي مكوناً كربونات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون ، وحيث أن كربونات الكالسيوم شحيحة الذوبان في الماء فإنها تنفصل من المحلول كمادة صلبة بيضاء متبلورة.

ويتم التخلص عادة من الكالسيوم في العمليات الصناعية وكذلك الغلايات والمبردات ، ويمكن خفض تركيز الكالسيوم إلى مستوى ٣٥ ملليجرام / لتر كربونات كالسيوم بواسطة عمليات التنقية (Lime - Soda softening) علي البارد ، وأقل من ذلك إلى ٢٥ ملليجرام / لتر بواسطة المعالجة بالتيسير بالصودا والجير أيضا على الساخن .

أما الوصول إلى ١ ملليجرام / لتر فيستخدم طريقة التبادل الكتيوني (Cation Exchange) .

ب - كربونات وبيكربونات الماغنسيوم

يتشابه الماغنسيوم مع الكالسيوم في أسلوب تكوين البيكربونات من الكربونات ، فالماء الذي يحتوى علي ثنائي أكسيد الكربون يذوب كربونات الماغنسيوم بنفس الأسلوب مكونا بيكربونات الماغنسيوم ، إلا أن كربونات الماغنسيوم أكثر إذابة بكثير من كربونات الكالسيوم والتي تتكون تحت نفس الظروف ، لذلك لكي يمكن التخلص من الماغنسيوم قبل تغذية الغلايات ، يلزم أن يتم تحويله إلى مركب شديد الاذابة مثل الهيدرات أو الهيدروكسيد (Hydrate or hydroxide) .

وعسر الماء نتيجة للمغنسيوم يكون عادة ثلث العسر الكلي ، أما الجزء الباقي (الثلثين) يرجع إلى عسر الكالسيوم . والماغنسيوم في الماء يكون في حدود ١٠ - ٥٠ ملليجرام / لتر (حوالي ٤٠ - ٢٠٠ ملليجرام / لتر كربونات كالسيوم) في ماء البحر يكون تركيز الماغنسيوم خمسة أضعاف الكالسيوم علي أساس الوزن المتكافئ (equivalent basis) .

وحيث أن كربونات الماغنسيوم أكثر إذابة بدرجة محسوسة عن الكالسيوم فمن النادر أن يكون المكون الرئيسي للقتور (scale) . ومع ذلك فإنه يلزم إزالته أثناء عمليات المعالجة مع الكالسيوم في مياه تغذية الغلايات أو العمليات الصناعية ، ومن الممكن إزالته بواسطة المعالجة بالجير (Lime Softening) إلى ٣٠ - ٥٠ ملليجرام / لتر ككربونات كالسيوم أو ١ - ٢ ملليجرام / لتر ككربونات كالسيوم ساخن ، كما يتم إزالته أيضا بالتبادل الايوني إلى المستوى

١ مليجرام / لتر كربونات الكالسيوم .

٢ - كبريتات الكالسيوم والماغنسيوم

أ - الكبريتات (Sulphate SO₄)

مجموعة الكبريتات تذيب في الماء من بعض المعادن خاصة الجبس ومعدلها عادة من ٥ إلى ٢٠٠ مليجرام لتر . والمعدل العالي المقترح لماء الشرب ٥٥٠ مليجرام / لتر ، وهذا يعتمد علي الطعم وتأثيره الملين ، ولأن كبريتات الكالسيوم لا تذيب نسبيا - أقل من ٢٠٠ مليجرام / لتر فإن وجوده في الماء يكون غير مرغوب فيه خاصة عند استخدامه في تغذية الغلايات .

وكبريتات الكالسيوم (الجبس Gypsum) تحتوى علي كمية من الماء في بلوراتها . ولو أن هذا الماء قد استخلص منها ، فإنه يتكون (Plaster of Paris) والرابطة في هذه المادة ترجع إلي قدرتها على إمتصاص الماء ثانية وإعادة البلورة . وكبريتات الكالسيوم شحيحة الذوبان في الماء عند درجة الحرارة العادية . وعندما ترتفع درجة الحرارة أعلى من الغليان تحت الضغط الجوى ، فإن كبريتات الكالسيوم تصبح أقل إذابة وحيث أن الماء في غلايات البخار يتركز تحت ضغط على وحرارة فإن الجبس يترسب علي هيئة قشور ناعمة وقوية جدا .

وكبريتات الماغنسيوم لها رمز (Mg SO₄) ويعرف عادة بإسم ملح أبسم (Epsom Salt) وهو ملح شديد الذوبان لو أنه وجد وحده في الغلايات فإن تأثيره الوحيد أنه يتفاعل مع الماء نفسه . وكبريتات الماغنسيوم عند تواجده بين الماء وسطح الغلاية فإنه يتفاعل مع الماء لينتج هيدروكسيد الماغنسيوم وحامض الكبريتيك . وهيدروكسيد الماغنسيوم عديم الإذابة (very Insoluble) ويكون قشور ، وحامض الكبريتيك عامل مؤكسد قوى (very Corrosive) وسوف يهاجم معدن الغلاية ويدمرها والتفاعل الكيميائي كالاتى :



٣- كلوريد الماغنسيوم (Magnesium Chloride)

يلتصّب معظم أملاح الكلوريد بشدة في الماء وأملاح الكلوريد توجد عادة في ماء الشرب من ١٠ - ١٠٠ مليجرام / لتر ، أما في ماء البحر فإنها تصل إلي حوالي ٣٠٠٠ مليجرام / لتر كملح كلوريد الصوديوم (NaCl) أما في ماء الصرف فيصل إلي ٥٠ مليجرام / لتر وفي ماء الشرب فإن أعلى معدل حوالي ٢٥٠ مليجرام / لتر .

وكلوريد الماغنسيوم رمزه الكيميائي (MgCl₂) وهو ملح شديد الإذابة في الماء ، ويتفاعل معه مكونا هيدروكسيد الماغنسيوم كما في المعادلة:



وحامض الهيدروكلوريك المتكون له تأثير علي حديد جدران الغلايات حيث يتسبب في التآكل والصدأ ولو أنه تكون بكمية كبيرة فإنه يتصاعد مسببا صدأ في أجزاء أخرى.

٤- أملاح الصوديوم (Sodium Salts)

كلوريد الصوديوم (Sodium Chloride)

يعتبر ملح كلوريد الصوديوم المكون الأساسي للملحة ماء البحر وهو ملح شديد الإذابة في الماء ورمزه الكيميائي (NaCl) ويعرف ملح كلوريد الصوديوم بملح الطعام ، وهذا الملح ليس له أي تأثير ضار داخل الغلايات .

وملح كربونات الصوديوم (Na₂CO₃) يعرف بملح صودا الغسيل (Soda Washing) أو الصودا أش . وهذا الملح عندما يذوب في ماء يحتوى علي ثاني أكسيد الكربون فإن جزء منه يتحول إلي بيكربونات الصوديوم ، وبيكربونات الصوديوم عند التسخين تتحول مرة أخرى إلي ثاني أكسيد الكربون ويتكون الكربونات مرة أخرى .

٥- السيليكا (SiO₂)

السيليكا هي مادة غير معدنية (non metal) وتوجد عادة في معظم المعادن وتوجد

في ماء الشرب من ١ - ١٠٠ ملليجرام / لتر. وتزداد نسبة السيلكا عند التكاثر الموسمي للدياتوم (Diatom) وهو طحلب من خلية واحدة جدرانها مشبعة بالسيلكا وكذلك هياكله. وتعتبر السيلكا مادة غروية (Colloidal) لأن تفاعلها مع مادة إدمصاص (adsorbent) مثل أكسيد الماغنسيوم (MgO_2) أو هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$ وتظهر خصائص مطابقة تماما للغرويات.

والسيلكا غير مرغوب فيها عند التركيز العالي في ماء التعويض في أبراج التبريد وذلك لعدم التأكد من حدود إذابتها. كما أنها غير مرغوب فيها أيضا في ماء التعويض للغلايات ليس فقط لأنه قد تكون قشور على الغلاية نفسها، ولكن تتطاير عند درجات الحرارة العالية ويعد ترسيبها على مروح التبرينة.

مجموع المواد الصلبة الذائبة (Total dissolved Solids)

حيث أن هذا مجموع كل المواد الذائبة في الماء، فإنها ذات مصادر متعددة ومعدلها عادة من ٢٥ - ٥٠٠ ملليجرام / لتر. والحدود المقترحة لمصادر الماء العامة، وعلى أساس صلاحيتها للشرب هي ٥٠٠ ملليجرام / لتر.

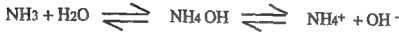
والتأثير الأساسي للمواد الصلبة الذائبة في العمليات الصناعية هو الحد من المدى الذي تستطيع فيه الماء أن تتركز إلي أن تصرف.

والتركيز العالي يؤثر على طعم المشروبات. كما تؤثر على عمليات سرعة تكوين الصدأ نظرا للتوصيل الكهربائي المرتبط بها ولخفض نسبة المواد الذائبة فيتم عن طريق التخلص من مكوناتها منفردة.

الامونيا (Ammonia)

الامونيا غاز شديد الإذابة في الماء، ويتفاعل مع الماء ليتكون هيدروكسيد الامونيوم، وهذا الأخير يتحلل في الماء مكونا أيون الأمونيا الموجب (NH_4^+) والهيدروكسيد السالب (OH^-) وعند أس هيدروجيني (pH) لمعظم مصادر المياه،

فإن الامونيا تكون عادة متأينة كما في المعادلة:



الامونيا إحدى المكونات المؤقتة في الماء حيث أنه جزء من دورة النتروجين والتي تتأثر بالنشاط البيولوجي . والامونيا منتج طبيعي من تفكك المركبات العضوية النتروجينية ، وتكون هذه المركبات بداية مواد بروتينية متباينة ، والتي قد تتحول إلى بروتين حيواني والعائد من المواد البروتينية إلى البيئة من خلال موت الكائنات أو من خلال تحليل مخلفاتها تنتج المركبات العضوية البيولوجية والتي تحدث أيضا في محطات معالجة مياه الصرف الصحي. والامونيا عنصر شائع في مياه الصرف الصحي والذي يكون تركيزه عادة من ١٠-٢٠ ملليجرام/لتر.

كما تستخدم أملاح الامونيا لخصوبة الأرض (Fertilizer) والامونيا تتأكسد بتأثير البكتريا أولا لتكوين النيتريت (Nitrite) ، ثم بعد ذلك إلى النترات ، لذلك فإن التركيز يتغير باستمرار من نتائج تفكك المركبات النتروجينية العضوية ثم نتيجة تحويلها إلى النيتريت .

والتركيز الطبيعي لمعظم مصادر المياه السطحية من ١-٠.٠-١٠ ملليجرام/لتر محسوب كنيتروجين (N₂) . ومن غير المألوف أن توجد في مياه الآبار حيث أنها تتحول إلى النيتريت بتأثير بكتريا التربة ، وتركيز الامونيا ليس محكوما بالمعدلات القياسية لمياه الشرب ، فالامونيا تساعد علي صدأ سبائك النحاس (Copper alloys) لذلك ، فإن تحديد تركيزها هام جدا بالنسبة لمياه تغذية أبراج التبريد والغلايات .

ويمكن إزالة الامونيا بواسطة عملية التخلص من الغازات (degasification) والتبادل الكاتيوني (Cation - exchange) علي دورة الهيدروجين ، وكذلك بواسطة الإمتصاص لبعض أنواع الطمي (Clays) أو عن طريق النشاط البيولوجي .

الفلوريدات (Florides)

أملاح الفلوريد مكون أساسى لكثير من المعادن ويشمل الأبتيت (Apatite) والميكا (Mica) ، وتضاف بعض أملاح الفلوريد إلى ماء الشرب بنسبة من ١-٢ ملليجرام/لتر لحماية الأسنان من التسوس ، وزيادة النسبة عن ذلك تكون ضارة .

وتوجد أملاح الفلوريد بنسبة عالية فى صرف مصانع الزجاج وكذلك صناعة الحديد وتستخدم طرق الترسيب بالجير لخفض التركيز إلى ١٠-٢٠ ملليجرام/لتر كما يمكن خفض التركيز عن طريق التبادل الأيونى .

الحديد (Fe^{-2} & Fe^{-3})

ويوجد الحديد فى كثير من الصخور البركانية ومعادن الطمي (Clay minerals) فى غياب الأكسجين ، يذوب الحديد بسهولة فى الحالة المختزلة ، وعندما يتأكسد فى وسط أس هيدروجينى من ٧ إلى ٨,٥ ، فإن الحديد فى هذه الحالة عادة ما يكون عديم الإذابة ، وقد يصل التركيز إلى ٣. ملليجرام/لتر وهو الحد الأقصى حسب معدلات ماء الشرب . ولأن الحديد لا يذوب عندما يكون مؤكسد تماماً ، فإن الحديد المتبقى الحقيقى (actual residual iron) بعد المعالجة يتم معييره بواسطة كيفية تجميع الحديد (Colloidal Iron) وترشيحه من الماء .

عسر الماء والمشاكل الناجمة عنه

(Water Hardness

And Problems Caused by Impure Water)

يسمى عسر الماء (Hard Water) إذا احتوى نسبة عالية من أملاح الكالسيوم أو الماغنسيوم أو الحديد أو الامونيوم - إلا أن أهم الأملاح المسببة لعسر الماء هي :-

- ١ - كربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ١٥ جزء في المليون .
 - ٢ - بيكربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ٣٨٥ جزء في المليون .
 - ٣ - كربونات الماغنسيوم وتذوب في الماء حتى ٧٢ جزء في المليون .
 - ٤ - بيكربونات الماغنسيوم وتذوب في الماء حتى ١٩٥٠ جزء في المليون .
 - ٥ - كبريتات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ٢٠٠ جزء في المليون .
 - ٦ - كبريتات الماغنسيوم وتذوب في الماء حتى ٣٤٥٠٠ جزء في المليون .
- أما أملاح الحديد والألومنيوم فننادرا ما تتواجد في الماء للدرجة التي تسبب عسرا ملحوظا . وتختلف درجات عسر الماء تبعا لكمية الاملاح المسببة للعسر وهناك أيضا الاملاح المسببة للطعم .

ويمكن تقسيم الماء بالنسبة لعشرة للدرجات الآتية : -

- ١ - ماء يسر : وهو الذي يحتوى على الاملاح المذكورة أعلاه بحد أقصى أقل عن خمسين في المليون .
- ٢ - ماء متوسط العسر : وهو الذى يتراوح فيه تركيز الأملاح بين خمسين ومائة وخمسين جزء في المليون .
- ٣ - ماء شديد العسر : وهو الذى يحتوى على أملاح مسببة للعسر بتركيز أكبر من ثلاثمائة جزء في المليون .

كما يقسم العسر في الماء إلى نوعين

١ - عسرة الكربونات الناتجة عن وجود أملاح البيكربونات . وتعرف عسرة الكربونات بالعسرة المؤقتة حيث يتم إزالتها بالتسخين الذي يسبب تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون ومخلفاً وراءه الكربونات التي لا تذوب في الماء.



٢ - العسر المستديم نتيجة لوجود أملاح الكبريتات

فالماء العسر له آثار ضارة علي كل من الاستخدامات المنزلية والشرب وكذلك علي الاستخدامات الصناعية وذلك كالآتي :

أ - مضار عسر الماء في الاستخدامات المنزلية والشرب

١- إزدیاد استهلاك الصابون وذلك لان الماء العسر لا يحدث رغوة سريعة مع الصابون بسبب تفاعل الاملاح المسببة للعسر مع المركبات الدهنية الموجودة في الصابون وتقدر الزيادة في استهلاك الصابون بحوالي مائة جرام لكل متر مكعب ماء استعمل في الغسيل وذلك لكل ارتفاع في عسر الماء قدره جزء في المليون.

٢- يسبب غسيل الملابس بالماء العسر نقصاً في متانة الأقمشة مما ينقص بقائها صالحة للاستعمال حوالي ٢٥٪ من عمرها الأصلي .

٣ - يفقد الماء قدرته علي التنظيف إذ تسد أملاح الكالسيوم كل مسام الأقمشة والجلد .

٤ - يتعارض عسر الماء مع عمليات طهي وتعليب الأطعمة ، أذ يكسب الطعام لونا وطعماً غير مستساغ ويزید الزمن لطهيهِ .

٥ - يؤدي إستعمال العسر للشرب إلى الاصابة بالاضطربات المعوية كالإسهال وغيره .

ب - المشاكل التى يسببها عسر الماء فى الصناعة

يتسبب عسر الماء فى كثير من المشاكل فى العمليات الصناعية مثل صناعة الورق والحرير الصناعى وكذلك تجهيز المنسوجات كما أن لعسر الماء تأثير على كثير من مشاكل صباغة الأقمشة القطنية نتيجة لتكوين مواد صمغية غير ذائبة مع بعض فصائل الصبغات ينتج عنه اختلاف فى درجات تجانس الألوان وكذلك درجات الثبات. إلا أن أهم المشاكل الأساسية التى يسببها عسر الماء يمكن تلخيصها فى الآتى :

١ - ترسيب الاملاح على جدار الغلايات مكونا قشور ورواسب صلبة

(Scale and Deposit Formation)

٢ - حدوث تآكل فى الاجزاء المعدنية (Corrosion) والتآكل يحدث عادة فى الأماكن المعرضة أو التى تتعامل مع الماء العسر ، إلا أن أخطر أنواع التآكل هو الذى يصيب الغلايات وخطوط الراجع (تكثيف البخار) .

٣ - التشقق الصدويومى ("Embrittlement" Caustic Cracking) ويحدث عادة فى داخل الغلايات .

وفيما يلي سوف نتعرض لكل من هذه المشاكل : -

١ - تكوين القشور والرواسب

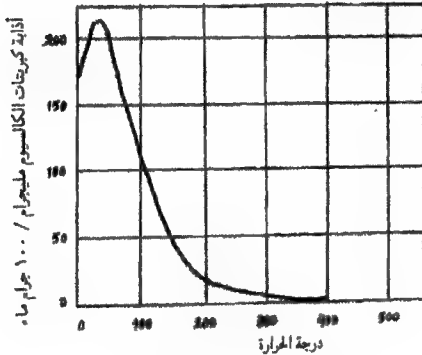
(Scale and Deposit Formation)

من المشاكل الجسيمة التى يسببها الماء الغير معالج داخل الغلايات هو تكوين القشور الصلبة على أسطح التسخين . والقشور التى تتكون لها معامل توصيل حرارى منخفض (Thermal Conductivity) والتى لا تسمح بالتبريد المناسب لسطح المعدن التى تتكون عليه ، كما أنه يعوق مسار الماء . ورواسب القشور تسبب فاقداً فى الوقود وكذلك تسخيناً زائداً لأسطح الغلاية والتى تصبىح قابلة للتشقق وانبعاج قد يؤدى إلى الانفجار . وترسيب القشور يسبب بالتالى زيادة فى تكاليف الوقود نتيجة للتوصيل الغير جيد.

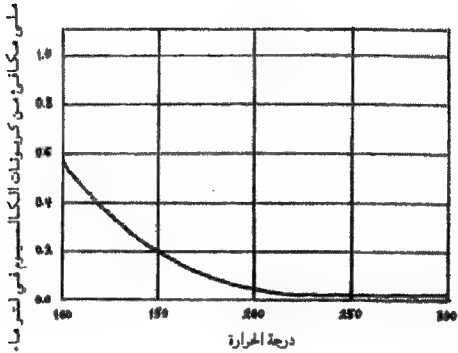
والقشور المتكونة وما يتبعها من ترسيبات أخرى تنتج عندما يزيد تركيز

الأملاح عن درجة إذابتها . وأكثر المناطق قابلية لتكوين القشور داخل الغلاية هي مواسير الماء والفرن ؛ حيث تكون معدلات الانتقال الحرارى وتبخير الماء مرتفعة . وفي الغلايات يتم تكوين القشور والرواسب حسب الميكانيكيات الآتية : -

١ - ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة، وهذا يحدث أثناء التبخير في الغلاية عندما ترسب وتتبخر الأملاح ذات درجة الإذابة المنخفضة - وعلى سبيل المثال، أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. فعند ارتفاع درجة الحرارة يحدث تأثير عكسى للإذابة، أى انخفاض الإذابة مع ارتفاع درجة الحرارة. والشكل (٢،٢) يبين تأثير ارتفاع درجات الحرارة على انخفاض الإذابة لكبريتات وكربونات الكالسيوم.



شكل (٢) يبين انخفاض إذابة كبريتات الكالسيوم مع ارتفاع درجات الحرارة



شكل (٣) يبين انخفاض إذابة كربونات الكالسيوم مع ارتفاع درجات الحرارة

٢ - تكوين أملاح أقل إذابة ، كما في المعادلة



٣ - إتساخ الأسطح نتيجة تكوين القشور وتثبيتها حرارياً بارتفاع درجة الحرارة بجانب ترسيب بعض نواتج الصدأ على أسطح التسخين.

تأثير تكوين القشور على اسطح التسخين فى الغلايات

فى الغلايات يتم تدرية (automization) السولار أو المازوت فى ماسورة اللهب لجعل الاحتراق كاملاً. ولكى نرفع كفاءة الاحتراق فإنه يتم الآتى:

١- رفع درجة حرارة الوقود الداخلى من ١١٠-١٢٠م لى يقلل كثافته ويسهل عملية التلرية.

٢- تسخين الهواء الداخلى أيضاً إلى ١٠٠م وفى هذه الحالة فإن درجة الحرارة تصبح من ١٥٠٠ إلى ٨٠٠م وفى نفس الوقت تكون نفس درجة حرارة سطح ماسورة اللهب المعرضة للحرارة.

فى الجانب الآخر وهو سطح ماسورة اللهب المعرضة للماء تكون درجة الحرارة نتيجة لتبريد الماء ٢٨٠م.

وفى هذه الحالة فإن سطح فيلم الماء الملامس لسطح الماسورة يتحول إلى بخار ويرتفع ليحل محله فيلم آخر من الماء ويتكون بذلك ضغط البخار.

عندما يبدأ تكوين طبقة من القشور على سطح المعدن الملامس للماء تقل درجة التبريد وترتفع درجة حرارته تدريجياً ويزيادة سمك طبقة القشور ترتفع درجة حرارة المعدن حتى تصل إلى درجة ليونته. وتأثير ضغط البخار يبدأ المعدن فى الانبعاج وتكون ما يسمى "بالبيضة" (Egging) وكلما زاد سمك القشور زاد حجم البيضة حتى تصل إلى درجة يحدث عندها تبخير مفاجئ (Flash evaporation) حيث يتحول الماء بكميات كبيرة إلى بخار وبالتالى يتضاعف الحجم وينتج عنه انفجار للغلاية.

والشكل (٤) ويبين تأثير تكوين القشور على سطح المعدن

٢- التآكل : (Corrosion)

يقصد بالتآكل التحلل الكيميائي للمواد المعدنية فاقدة قوتها ومتحولة إلى مواد هشة . وقد يحدث التآكل الكيميائي (Chemical Corrosion) بفعل تفاعل بعض المواد الكيميائية مع السطح المعدني، كما هو الحال مع الأحماض والأكاسيد الحامضية ، أو تفاعل الكلور مع القصدير والمغنسيوم ، أو التفاعل بين الأسطح المعدنية والأكسجين الجوي . وعموماً ، فإن التآكل ناجم عن حدوث بعض التفاعلات الكهروكيميائية الشبيهة بالتفاعلات التي تحدث في الخلايا الكهربائية.

ويحدث التآكل الكيميائي تحت جميع الظروف ولكن بدرجات متفاوتة معتمداً على العديد من العوامل الخارجية المحيطة به والعوامل التركيبية المتعلقة بالمعدن نفسه. وتعتبر ظاهرة التآكل من أخطر المشاكل التي تواجه الصناعة عموماً ، والصناعات الكيميائية بشكل خاص وذلك لأن معظم العمليات الكيميائية تضم واحد أو أكثر من العوامل أو المواد المسببة للتآكل مثل الأكسجين والماء والأحماض وغيرها .

أنواع التآكل

يوجد نوعان رئيسان من التآكل هما :

١ - التآكل الكيميائي والذي سوف نتكلم عنه .

٢ - التآكل الفيزيائي ، والذي يعرف بالتعرية (Erosion)

حيث يفقد الجزء المعدني طبقات سطحية بشكل تدريجي نتيجة للإحتكاك المباشر مع المواد الصلبة وهذا يحدث في الكثير من الصناعات مثل صناعة الأسمنت والحديد والصناعات الكيميائية المتضمنة المواد الصلبة .

بالنسبة إلى التآكل الكيميائي فإنه ينقسم إلى نوعين رئيسيين هما :

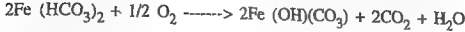
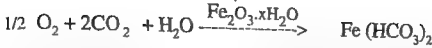
أ - التآكل الكيميائي المباشر ويعرف أيضاً بالتآكل الجاف (dry corrosion) .

ب - التآكل الكيميائي غير المباشر أو الرطب (Wet Corrosion) .

أ- التآكل الكيميائي المباشر (الجاف)

نظرية التآكل الكيميائي (Theory of chemical corrosion)

يحدث التآكل الجاف بالتفاعل المباشر بين المعدن والمواد المسببة للتآكل مثل الأوكسجين والهالوجينات والكبريت والأكاسيد الحامضية وغيرها ونتيجة لذلك يتغطي سطح المعدن بطبقة من المركبات الناتجة من مثل هذه التفاعلات كأكاسيد المعادن أو كبريتيداتها وعندما يزداد سمك هذه الطبقة تظهر التشققات والنتيجة يزداد السطح المعرض للتآكل وهكذا يستمر التآكل إلي أن يظهر بشكل ثقب أو شقوق كبيرة. ومن المعروف أن درجة التآكل الجاف تعتمد علي خواص الأغشية المتكونة على سطح المعدن حيث تتميز بعض المعادن بقابليتها على تكوين أغشية رقيقة تحيط بالسطح وبذلك تمنع من تعرض المعدن إلى المزيد من تفاعلات التآكل. ومن الأمثلة على ذلك أكسيد الألومنيوم حيث يغطي سطح الألومنيوم ويتغطي الرصاص بطبقة من كربونات الرصاص ويتغطي الكروم بأكاسيد الكروم الواقية والمقاومة لفعل التآكل ويتغطي الفضة والحديد بطبقة من كلوريد الفضة وكلوريد الحديد. ويتغطي النحاس بطبقة من كبريتات النحاس القاعدية أو كلوريد النحاس وخاصة عندما يتعرض لأكاسيد الكبريت والهالوجينات. ويمكن تفسير ميكانيكية حدوث هذا النوع من التفاعلات في ضوء ظاهرة الاهتزاز الكيميائي (Chemisorption) حيث تنتقل الإلكترونات من المعدن إلى الأوكسجين لتكوين أوكسيد المعدن ولا تخلو معظم الأكاسيد المعدنية من عيوب إما بلورية أو فراغية أو الكترونية وتكون السبب في استمرار تفاعلات التآكل حيث يعتمد نمو طبقة الأوكسيد على مثل هذه العيوب وعليه فإن سرعة تآكل المعادن في الظروف الجافة تعتمد على خاصية التوصيل الأيوني والإلكتروني لأكاسيد المعادن. وهكذا نلاحظ زيادة سمك الغشاء الأوكسيدي مفعلاً عند تسخين المعدن. وعموماً يعتبر تأكسد المعادن من أهم أنواع التآكل الكيميائي المباشر ويعتبر تكوين الصدأ للحديد من الأمثلة المعروفة عن الأكسدة حيث أن صدأ الحديد عبارة عن أوكسيد الحديديك المائي $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ حيث يتكون الصدأ بفعل وجود الأوكسجين الجوي وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون ويعوجب المعادلات الكيميائية الآتية:



وما يؤيد هذه الميكانيكية لتكوين صدأ الحديد هو إحتواء الصدأ علي نسبة من بيكربونات الحديدوز والحديدك إضافة إلي أوكسيد الحديدك .

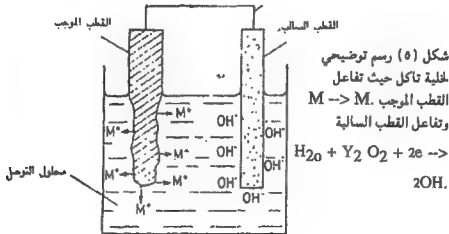
وتقسم المعادن نسبة إلي طبيعة أكاسيدها إلي مجموعتين أساسيتين هما مجموعة الفلزات القلوية والقلوية الترابية مثل الصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم حيث طبقة الأوكسيد المعدني هشة ومسامية بذلك تكون غير واقية لسطح المعدن فإن تفاعلات التأكسد تستمر بسبب سهولة إنتشار غاز الأوكسجين عبر طبقة الأوكسيد المسامي . أما المجموعة الثانية من المعادن والتي تعرف بالمعادن الثقيلة والألومنيوم حيث تمتاز أكاسيدها بكونها صلبة وغير مسامية إذ تعرقل تسرب الأوكسجين خلالها لذلك تساهم في تقليل سرعة التأكسد حيث تسلك الطبقة الأوكسيدية بمثابة غشاء واقى للمعدن ولكن بزيادة سمك الغشاء يتولد نوع من الأجهاد الداخلى مسببا التشقق وبذلك تعتبر هذه الشقوق الصغيرة بمثابة منفذ للأكسجين لحث المزيد من تفاعلات الأكسدة .

ب- التآكل الكيميائي الغير مباشر (الرطب)

أما التآكل الكيميائي غير المباشر فيحدث نتيجة التلامس بين سطح المعدن ومحللول سائل وعموما يعزى هذا النوع من التآكل إلى حدوث بعض التفاعلات الكهروكيميائية . من مبادئ الكيمياء الكهربائية حدوث ما يعرف بجهد القطب (Electrode Potential) فعندما يغمر جزء معدني في محلول أحد أملاحه مثل النحاس في محلول كبريتات النحاس أو عند غمر قطب من الخارصين في محلول كبريتات الخارصين فعند وجود قطبين مختلفين في الجهد القطبي ومغمورين في محلول موصل يتكون ما يعرف بالخلية الكهربائية حيث تسير فيها الإلكترونات من القطب الموجب إلي القطب السالب وفى ضوء هذا المفهوم يعزى التآكل إلي تكوين أقطاب موجبة وسالبة حيث يتأين

المعدن متحررا إلكترونيا أو أكثر وتترك الأيونات الموجبة الجزء المعدني فتنتقله إلى المحلول وتسير الإلكترونات من القطب الموجب إلى السالب وهذا ما يؤدي إلى تآكل معدن القطب الموجب وتعتمد شدة التآكل على طبيعة التفاعلات التي تحدث عند القطب السالب والتي تستهلك الإلكترونات القادمة من القطب الموجب وعند انتقال أيونات المعدن الموجبة إلى المحلول يكتسب سطح المعدن شحنة سالبة . تزداد كثافة هذه الشحنة بإزدياد قابلية ذوبان المعدن ويؤدي هذا الانتقال إلى جهد كهربائي تتوقف قيمته على نوع المعدن . وتتباين المعادن في جهدها الكهربائي وقد رتبته كافة المعادن في جدول خاص يعرف بجدول الإحلال الكهربائي وعموما فإن المعادن ذات الجهد الكهربائي السالب تستطيع أن تحل محل المعادن التي تقع فوقها في جدول الإحلال فمثلا يحل الحارصين محل الحديد ويمكن أن يحل الحديد محل النحاس وهكذا قد أثبتت التجارب المختبرية أن التآكل الرطب يرافقه حدوث تفاعلات شبيهة بتفاعلات الخلايا الكهربية الكلفانية أى تنشأ فيها ما يعرف بخلايا التآكل حيث يسلك المعدن الذي يتآكل بمثابة القطب الموجب ويوضح الشكل (٥) مخططا لخلية التآكل .

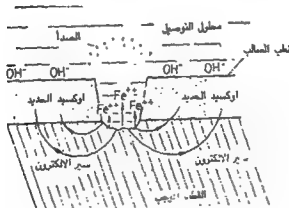
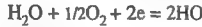
فعند وجود معدنين مختلفين في الكهروسالبية مثل الفولاذ والنحاس مغمورين



شكل (٥) رسم توضيحي لخلية تآكل

نهي محلول موصل مثل ماء البحر كما هو الحال في السفن والبواخر المصنوعة من الفولاذ والتي تحتوي على بعض الأجزاء النحاسية فإن الجزء النحاسي يسلك بمثابة القطب السالب وهيكل الباخرة يمثل القطب الموجب لذلك فإن التآكل يحدث في هيكل السفينة وعادة تختلف المسبائك التي تصنع منها المعدات الصناعية في سالياتها الكهربائية فعند وجود نوعين أو أكثر مختلفين السالبة الكهربائية تسلك السبيكة ذات السالبة الكهربائية العالية بمثابة قطب السالب وذات السالبة الكهربائية الأقل القطب الموجب .

وقد تنشأ خلايا التآكل من المعدن نفسه فعندما يتأكسد السطح الخارجى للمعدن مثل الحديد متحولاً إلى أكسيد الحديد ويوجد الرطوبة وفي حالة وجود تشقق في الطبقة الأكسيدية تنشأ خلية تآكل يمثل الأكسيد فيها القطب السالب والمعدن القطب الموجب ولهذا السبب نلاحظ استمرار تآكل الحديد. ويحدث هذا النوع من التآكل بالرغم من أن فرق الجهد بين القطبين قليل وأن التوصيل الإلكتروني لطبقة الأكسيد منخفضة كذلك ويمكن تشكيل تفاعلات القطب السالب بتكوين أيونات الهيدروكسيل من الأوكسجين المذاب .



الشكل (٦) شكل توضيحي يبين تآكل الحديد عند أماكن التشقق في طبقات الأكسيد السطحية .

الحقائق العامة التي تحكم التآكل (بصفة خاصة لمعدن الحديد)

- ١ - عند درجات الحرارة العادية لا يتآكل الحديد إلا في وجود الرطوبة .
- ٢ - لابد من تواجد غاز الاوكسجين في المياه حتى يحدث التآكل عند درجات الحرارة العادية .
- ٣ - يكون التآكل في الوسط الحامضى أكبر كثيراً من التآكل في الوسط القاعدي.
- ٤ - أثناء حدوث التآكل يتصاعد غاز الهيدروجين من سطح المعدن المتآكل وذلك في المحاليل الحامضية . وقد يحدث ذلك أيضا في المحاليل القلوية المركزة . أما في المحاليل القلوية المخففة فإن تصاعد غاز الهيدروجين يصبح قليلا جداً ويكاد يكون منعدماً .
- ٥ - يتكون نتيجة للتآكل أيدروكسيد الحديدوز (Ferrous hydroxide) الأسود أو الأخضر علي سطح المعدن مباشرة ثم يتكون فوقه أيدروكسيد الحديدك الأحمر (Ferric hydroxide) الذي يكون الطبقة الخارجية علي سطح المعدن وهو ما يطلق عليه أسم الصدأ . يلاحظ أنه في حالة تآكل الحديد المعرض للهواء مباشرة فإن كمية أيدروكسيد الحديدك الأحمر (الصدأ) المتكون تكون قليلة بالمقارنة بكميته الكبيرة عند حدوث التآكل تحت السطح الماء .
- ٦ - يحدث أحيانا في المياه الطبيعية وأثناء ترسب الصدأ على سطح المعدن أن يحمل هذا الصدأ أثناء ترسيده بعض الاملاح مثل أكسيد الكالسيوم أو أكسيد الماغنسيوم والسيلكا . بالإضافة إلي بعض الأملاح الأخرى غير القابلة للذوبان مثل كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم والتي تترسب علي سطح المعدن مكونة غطاء عازلاً يعزل المعدن عن وسط التآكل وتوقف عملية التآكل . غير أنه في حالة عدم التصاق هذه الطبقة من الرواسب إلتصاقا جيدا بسطح المعدن فإنها علي عكس ذلك تساعد علي زيادة معدلات التآكل الذي يبدأ علي سطح المعدن وتحت طبقة الرواسب .
- ٧ - يمكن التحكم في توزيع التآكل وأيضا في معدلاته بوقاية الأسطح المعدنية المعرضة للتآكل بطبقة رقيقة من مادة واقية توضع علي هذه الأسطح (

Surface Coating)

٨ - في معظم الأحوال التي يحدث فيها التآكل يكون معدل حدوث التآكل سريعاً جداً في البداية عنه بعد فترة من الزمن وذلك بسبب تكوين طبقة الصدأ والتي قد تكون مصحوبة بترسيب بعض الأملاح أيضاً كما سبق الإشارة إلى ذلك.

٩ - يزداد معدل التآكل عند درجات الحرارة العادية بزيادة التركيز ولكن في بعض المحاليل المخففة للأملاح وخاصة محاليل الكلوريدات يكون معدل التآكل كبيراً جداً ثم ينقص بزيادة التركيز . كما أن معدل التآكل يزداد أيضاً بارتفاع درجة الحرارة .

١٠ - يميل معدل التآكل إلى الزيادة في المياه الطبيعية وذلك بزيادة سرعة حركة المياه على سطح المعدن . ويكون نتيجة لعمليات النحت (erosion) التي تصاحب تحريك المياه بسرعات عالية وتأثير ذلك على الغشاء الواقي لسطح المعدن .

١١ - معدلات التآكل بالنسبة للمعادن النقية أقل منها بالنسبة للسبائك وذلك لأن معظم السبائك تتركب من أكثر من معدن واحد يختلف الجهد الكهروكيميائي بينها وأيضاً تختلف قدرة كل منها على توصيل الكهرباء . فعند وجود مثل هذه السبائك في محاليل موصلة للكهرباء (مثل محاليل الأملاح) فإنه يحدث فرق في الجهد الكهربائي بين هذه المعادن بعضها ببعض والمكونة للسبيكة الواحدة . وتتكون عدة خلايا كهروكيميائية على سطح السبيكة وتصبح بعض المناطق على هذا السطح قطباً موجباً والبعض الآخر قطباً سالباً - وتتآكل المناطق الموجبة بسرعة شديدة ويسمى هذا النوع من التآكل باسم التآكل الكهروكيميائي أو التآكل الجلفاني .

١٢ - أيضاً اختلاف تركيب وتركيز المحاليل المحيطة بالمعدن يمكن أن تؤدي إلى مرور تيار كهربائي خلال المحلول من المناطق الأكثر جهداً (Anodic) إلى المناطق الأقل جهداً (Cathodic) .

١٣ - يلاحظ أن تركيب الحديد العادي أو الفولاذ بما فيه من شوائب أو إضافات تجارية أو صناعية يكون له تأثير بسيط على التآكل تحت سطح الماء أو سطح

الارض ولكن معدلات هذا التآكل تزداد كلما تعرض المعدن للمحاليل الحامضية.

١٤ - تساعد مواصفات سطح المعدن على زيادة وإبطاء سرعة معدلات التآكل . فالمعدن اللامع ذو السطح المصقول يكون تعرضه لعمليات التآكل أقل من المعدن ذو السطح الخشن أو الذى لم يصقل جيدا حيث يحدث بسبب عدم صقل المعدن جيدا أنواع من التآكل المركز (Localized Corrosion) الذى يحدث نقرا أو حفرا (pitting) فى جسم المعدن . وقد ينتج أيضا هذا الحفر والنقر على سطح المعدن نتيجة للتآكل الجلفانى السابق .

١٥ - كلما كانت المناطق الموجبة على سطح المعدن أقل حجما من المناطق السالبة كلما كان معدل تآكل المناطق الموجبة سريعا وكبيرا .

١٦ - قد تؤدي بعض أنواع البكتريا إلى زيادة معدل التآكل الكهروكيميائي وذلك في عدم وجود غاز الأكسجين مثل بكتريا إختزال الكبريتات وبكتريا ترسيب الحديد .

الباب الثالث

تنقية ماء الشرب

الفصل الاول: تنقية الماء للشرب

الفصل الثاني: الترويق

الفصل الثالث: الترشيح

الفصل الرابع: التطهير

الفصل الاول

مواصفات الماء

تعتبر عملية معالجة الماء للاغراض الصناعية من المستلزمات الأساسية ، حيث تعتمد نوع المعالجة المطلوبة علي استخدامات المياه للعملية الصناعية . وتعتبر عمليات المعالجة أساسية للأسباب الآتية : -

١ - للإستخدام في العمليات الصناعية كمادة أساسية - مثل الأغذية والمشروبات - أو في مراحل التشغيل الوسيطة مثل عمليات الصباغة أو في صناعة الورق وكذلك لتغذية المراجل البخارية . وقد يكون الماء صالحا للشرب ولكن لا يكون مناسباً للإستخدامات الصناعية ، حيث يجب أن تتسم المياه الصالحة للشرب بمواصفات خاصة وضعت من قبل الجهات الصحية . ومن أهم هذه المواصفات الـ يتصف بها الماء الصالح للشرب : -

- ١ - أن تكون درجة تعكره أقل من ٥ وحدات تعكر .
- ٢ - أن تكون درجة اللون أقل من ١٥ وحدة لونية .
- ٣ - أن تكون رائحته أقل من ثلاثة وحدات قياسية للرائحة .
- ٤ - عديم الطعم .

وفيما يلي جدول (٤) بالمواصفات القياسية لماء الشرب الصادرة عن الوزارة عام ١٩٩٥ - والصادرة من الوزارة قرار رقم NO/08 بتاريخ ١١ / ٣ / ١٩٩٥ .

أولا الخواص الطبيعية

- اللون : ٢٠ - ٣٠ وحدات كوبالت بلا تنم .
- الطعم : مقبول الطعم .
- الرائحة : غير ملحوظ .
- العكارة : لا تزيد عن ٥ وحدات جاكن للماء المعالج .
- ولا تزيد عن ١٠ وحدات جاكن لماء الآبار .

الأس الهيدروجيني (pH): ٦ ١/٢ الى ٩ ١/٢ .

ثانياً المكونات والخواص

لا تزيد عن ٢٠٠ جزء في المليون .	الاملاح الكلية الذائبة (TDS)
لا تزيد عن ٠.٣ جزء في المليون .	الحديد (في ماء الآبار) (Fe)
لا تزيد عن ٠.١ جزء في المليون .	المنجنيز في الماء المعالج (Mn)
لا تزيد عن ٠.٥ جزء في المليون .	المنجنيز في ماء الآبار
لا تزيد عن ٠.١ جزء في المليون .	النحاس (Cu)
لا تزيد عن ٥.٠ جزء في المليون .	الزنك (Zn)
لا تزيد عن ٥٠٠ جزء في المليون .	العسر الكلي (Total hardness)
لا تزيد عن ٢٠٠ جزء في المليون .	الكالسيوم (Ca)
لا تزيد عن ١٥٠ جزء في المليون .	المغنسيوم (Mg)
لا تزيد عن ٤٠٠ جزء في المليون .	الكبريتات (SO ₄ -)
لا تزيد عن ٥٠٠ جزء في المليون .	الكلوريدات (Cl-)
لا تزيد عن ٢٠٠ جزء في المليون .	الصوديوم (Na+)
لا تزيد عن ٠.٢ جزء في المليون .	الألومنيوم (Al ⁺⁺⁺)

ثالثاً : المكونات الغير عضوية المرتبطة بالصحة .

لا تزيد عن ٠.٥ جزء من المليون .	الرصاص (Pb)
لا تزيد عن ٠.٥ جزء في المليون .	الزرنيخ (Arsenic)
لا تزيد عن ٠.٥ جزء في المليون .	السيانيد (CN)
لا تزيد عن ٠.٥ جزء في المليون .	الكاديوم (Cd)
لا تزيد عن ٠.١ جزء في المليون .	سيلينيوم (Se)
لا تزيد عن ٠.١ جزء في المليون .	الزئبق (Hg)

تنقية الماء للشرب ومعالجته للأغراض الصناعية

تتم عملية تنقية الماء للشرب على مراحل كالآتي : -

١- الترويق (Clarification)

وتشمل هذه المرحلة العمليات الآتية : -

- أ - الترسيب (Sedimentation)
- ب - الترويب (Coagulation)
- ج - الترشيح (Filtration)
- د - التعقيم (Disinfection)
- هـ - إزالة الرائحة .
- و - منع النمو والتكاثر البيولوجي .

٢- التهوية (Deaeration)

٣- إزالة العسرة / (التيسير) بالتوسيب .

ويتم ذلك كالآتي : -

- أ - التيسير بالجير (Lime Softening) .
 - ب - التيسير باستخدام الصودا علي البارد (Cold Lime - Soda Softening) .
 - ج - التيسير باستخدام الصودا والجير على الساخن (Hot Lime - Soda Softening) .
- أما بالنسبة لمعالجة الماء للأغراض الصناعية والغلايات ، فإنه يلزم التخلص من الاملاح الذائبة إلى أدنى مستوى أو التخلص منها نهائيا للحصول على ماء خالي من الايونات (demineralization) ويتم ذلك باستخدام المبادلات الأيونية .

٤- المبادلات الأيونية.

والمبادلات الأيونية تستخدم للتخلص من الأملاح الذائبة للكالسيوم والمغنسيوم وتنقسم إلى الآتى :-

أ - المبادلات الكتيونية .

ب - المبادلات الانيونية .

جـ - المبادلات المزدوجة .

وهناك أيضا طرق أخرى تستخدم لمعالجة الماء لازالة الأملاح المسببة للطعم وهى طرق المعالجة بالأغشية (Membrane Process)

٥ - المعالجة بالأغشية

وتنقسم هذه الطرق إلى الآتى :-

أ - التناضح لعكسى (Reverse Osmosis)

ب - اليكزة (Electrodialysis)

وفيما يلى سوف نستعرض كلاً من هذه الطرق بالتفصيل .

الفصل الثانى

الترويق (Clarification)

عمليات الترويق هى الإزالة الأولية للمواد الصلبة العالقة وذلك عن طريق الترسيب والترويب والتجميع ثم بعد ذلك بالترشيح وتستخدم هذه الطرق قبل معالجة الماء لإزالة الأملاح الذائبة .

وعملية الترسيب هى العملية التى يتم فيها رقاد الجزيئات الصلبة الكبيرة إلى أسفل الأحواض ، أما الجزيئات الصغيرة أو المواد العضوية الذائبة فانها تحتاج إلي المروبات ثم الترشيح للتخلص منها وفيما يلي سوف نستعرض كلا من هذه الطرق .

أ - عمليات الترسيب

يحتوى الماء عادة على كميات كبيرة من المواد الصلبة العالقة وكذلك على جسيمات دقيقة جداً والتى تكون عادة مادة غروية يصعب ترسيبها بسهولة ، لذلك فإن عمليات الترسيب تتم على مرحلتين كالتالى :

أ - الترسيب الطبيعى (Plain Sedimentation)

ب - الترسيب الكيميائى (Chemical Sedimentation)

أ (الترسيب الطبيعى

الغرض من هذه العملية هو إزالة أكبر كمية من المواد الصلبة العالقة في الماء ، وذلك في أحواض خاصة تمر فيها الماء المحملة بالمواد العالقة لفترة معينة وتحت ظروف مناسبة تساعد على هبوط المواد العالقة إلى قاع هذه الاحواض ، وذلك دون إضافة أي مواد تساعد على هذا الترسيب .

والأحواض المستخدمة ذات مواصفات خاصة تساعد على عدم وجود دوامات أو اضطرابات لسير المياه أوالمواد التى رسبت في قاع الحوض ، وأن تكون سهلة التنظيف ويعدد كافى يتيح فرصة للصيانة .

وقد كان الترسيب يتم في أحواض ثلثاً لفترة معينة حيث تحجز فيه المياه ساكنة لمدة من ٦ إلى ٢٤ ساعة ثم تفرغ بعد ذلك ، إلا أن هذه لطريقة لم تعد تستعمل حالياً لأنها طريقة متقطعة وتستنفذ وقتاً طويلاً دون فائدة ، وقد استبدلت بطريقة الترسيب بطريقة الترسيب في أحواض مستمرة (Continuous flow tank) حيث يمر الماء في حوض إما مستطيل أو مربع أو دائري باستمرار وبسرعة بطيئة جداً مما يسمح للمواد العالقة بالرسوب إلى قاع الحوض قبل أن تصل إلى المخرج .

وتعتمد كفاءة هذه العملية على عوامل كثيرة منها :

١ - كثافة الماء ولزوجته .

٢ - كثافة المواد العالقة وشكلها وكذلك حجمها

٣ - سرعة جريان الماء في الحوض ومدة بقائه .

٤ - المساحة السطحية للحوض ونسبة الطول إلى العرض .

ويمكن الرجوع إلى كتاب الهندسة الصحية للدكتور / محمد علي فرج لمعرفة الأنواع المختلفة لأحواض الترسيب .

ب) الترسيب الكيميائي (Chemical Sedimentation)

في هذه العملية يتم ترسيب الجسيمات الدقيقة والتي تكون عادة غرويه (Colloidal particles) غير قابلة للترسيب لأنهما مواد تحمل شحنات كهربائية سالبة منتشرة على كل جسمها ، وهي بذلك ثابتة تماماً ولكي يتم التخلص من هذه المواد فإنه يتم أولاً تكسير ثبات هذه المادة عن طريق معادلة الشحنات السالبة بمواد كيميائية ذات شحنات موجبة قادرة على معادلة هذه المواد . وهذه العملية تسمى عملية الترويب (Coagulation) . وفي هذه العملية - وبعد تكسير ثبات هذه المواد - فإن هذه المواد تتقارب مع بعضها وتتجمع على هيئة ندف هلامية (Floes) تأخذ في الهبوط إلى أسفل وفي أثناء هبوطها تجذب إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة عادة ، وعن طريق التقليب تتماسك هذه المواد ويتم ما يعرف بالتكتل (Flocculation) لترسب في القاع . وأهم الكيماويات المستعملة لهذا الغرض هي :
١ - كبريتات الألومونيوم (الشب) (Aluminum sulphate (Alum) .

- ٢ - كبريتات الحديدوز (Ferrous Sulphate)
 ٣ - كبريتات الحديدك (Ferric Sulphate)
 ٤ - كلوريد الحديدك (Ferric chloride)
 ٥ - كبريتات الحديدوز المكلوره (Chlorinated Ferrous Sulphate)
 ٦ - ألومنيات الصوديوم (Sodium Aluminate)
 ٧ - كبريتات الألومنيوم النشارية (Ammonia Alum)

وتعتبر كبريتات الألومنيوم هي أكثر هذه المواد إستعمالاً إذ أنها أرخصها وأكثرها تواجداً وانتشاراً .

ولابد لنجاح عملية الترويب من وجود مواد قلوية في الماء لتتفاعل مع المروبات المضافة وتوجد هذه المواد القلوية في المياه الطبيعية عادة على هيئة بيكربونات الكالسيوم فإذا لم تتوفر القلوية بالكميات اللازمة يجب إضافة مواد قلوية علي هيئة أيدروكسيد الكالسيوم (جير مطفى) أو على هيئة كربونات الصوديوم لتعويض هذا النقص قبل إضافة المروية .

وفيا يلي سوف نستعرض بعض أمثلة للمروبات ودورها في ترسيب المواد العالقة كيميائياً .

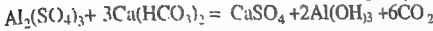
(١) الترويب بإستعمال كبريتات الألومنيوم (Aluminum Sulphate)

وتعرف تجارياً بإسم الشب (alum) وتركيبها $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

والشب كما توجد في الطبيعة أو كما تصنع قد تحتوى على بعض الشوائب لا تذوب في الماء إلا أن هذه الشوائب لا تمثل أو تسبب أى متاعب فى التشغيل طالما كانت لا تتجاوز ٥٠ ٪ بل من المحتمل أن تعمل هذه الشوائب كنواة تتكون عليها الندف مما يساعد في عمليتى الترويب والترسيب .

وعند إضافة الشب إلي مياه تحتوى علي قلوية طبيعية من بيكربونات

الكالسيوم يتم التفاعل و ينتج عن ذلك كبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الألومنيوم كالآتي :



ويستخدم جزء واحد من الجير المطفى (بيكربونات الكالسيوم) إلى ثلاثة أجزاء من كبريتات الألومنيوم التجارى $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.

كما يمكن أيضا إستخدام كربونات الصوديوم لتكوين هيدروكسيد الألومنيوم .
وبلاحظ من دراسة المعادلات أعلاه أن الترويب باستعمال الشب يتميز بالخواص الآتية :

١ - فى جميع هذه التفاعلات ينتج ندف هلامي من هيدروكسيد الألومنيوم تأخذ فى الهبوط إلى القاع جاذبة إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة .

٢ - وجود أملاح الصوديوم والبوتاسيوم فى الماء يسبب صغر حجم الندف صفراً يمنع ترسيبها بسهولة (Pinhead floc) وعلاجاً لهذه الحالة تزداد جرعة الشب .

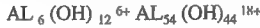
٣ - وجود أملاح كربونات الكالسيوم أو كربونات الماغنسيوم فى الماء يساعد على تكوين الندف الهلامية .

٤ - تؤثر درجة الأس الهيدروجينى (pH) على الجرعة اللازمة والكافية لجودة الترويب ولقد وجد أن الترويب يكون أكثر جودة إذا كانت المياه ذات أس هيدروجينى يتراوح من ٤ إلى ٦ مع ملاحظة أن عملية إضافة الشب إلى الماء تخفض من درجة الأس الهيدروجينى .

وقد يضاف بوفرة الكربون النشط (أى الذى يكون نسبة الأسطح للحجم كبيرة جداً لإتمام عمليات الامتصاص على سطحه) إلى الشب العادى بنسبة حوالى ٥٪ مما يساعد على إزالة الروائح والطعم من الماء ، كما يساعد فى توفير كمية الشب ويعرف هذا بالشب الأسود (Black Alum) .

بلمرات الألومونيوم (Aluminum Polymers)

تتكون عند تكاثف أملاح الألومونيوم لتكوين بلمرات قادرة علي عمليتي الترويب والتكتل اللازمين للترسيب الكيميائي . والبلمرات التي يمكن أن تتكون بهذه الطريقة هي الألومونيوم متعدد الكلور (Aluminum Poly Chloride) وذلك بمعادلة محلول كلوريد الألومونيوم تدريجيا بمحلول الصودا الكاوية والبلمرات يمكن أن تكون بهذا التركيب الكيميائي .



الترويب باستخدام أملاح الحديد (Iron Salts)

تستعمل أملاح الحديد في الترويب ومنها كبريتات الحديد $Fe_2(SO_4)_3$ (Ferric Sulphate) وتعرف تجارياً بإسم (Ferrifloc) ويستخدم أيضاً كبريتات الحديدوز $FeSO_4(7H_2O)$ وتعرف تجارياً باسم الكويراس (Copperas)، كما يستخدم كلوريد الحديد $(FeCl_3)$ وفي جميع هذه الأملاح يتم التفاعل مع الماء مكوناً هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$. وهيدروكسيد الحديد المتكون من هذه التفاعلات هو راسب هلامي يجذب إلي سطحه المواد العالقة الدقيقة ويهبط بها إلي قاع الحوض .

ويمتاز أملاح الحديد بأنه أرخص في الترويب من الشب ولأن الناتج من التفاعل يكون أثقل ، لذا فإن هذه الطريقة تعتبر أسرع في الترويب ، كما أن هذه الطريقة لا تسبب متاعب في المرشحات وتزيل اللون من المياه أثناء عمليتي الترويب والترسيب. كما تساعد أيضاً على الآتي:

- إزالة أملاح الحديد والمنجنيز الذائبة في الماء .

- إزالة الطعم والرائحة الناتجة من وجود الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين في الماء .

ومحاليل هذه المرويات قوية التفاعل مع المعادن مسببة لها التآكل مما يوجب الحيلة عند إستعمالها وذلك بتحضيرها ونقلها في معدات خاصة مبطنه بالزجاج

أو المطاط أو القيشاني أو الحديد الذي لا يصدأ .

والندف المتكونة من التفاعل الكيميائي أثقل من تلك التي تتكون باستعمال الشب ولذلك ترسب بسرعة أكبر بعد أن تجذب إلي سطحها المواد الدقيقة العالقة.

وفيما يلي بيان بالجرعات اللازمة من الكيماويات المختلفة :

جرعات المواد الكيماوية المروية

الماء	الجرعة جزء في المليون	
كبريتات الألمنيوم (الشب)	٥	-
كلوريد الحديديك	٥	-
كبريتات الحديديك	٨	-
كبريتات الحديدوز	٥	-

أحواض مزج الكيماويات المروية بالماء (Mixing tanks)

بعد إضافة المروب إلى الماء يجب أن يمزجا مزجاً تاماً وذلك لضمان جودة الترويب ويتم ذلك المزج على خطوتين ، ولكل من الخطوتين أكثر من طريقة لتنفيذها .

أ- المزج السريع (Flash mix)

الفرض منه هو العمل على أنتشار المادة الكيميائية بسرعة في جسم الماء العام .

ب- المزج البطيء أو الترويب

(Gentle mix - gentle agitation , Flocculation, Coagulation)

والفرض منه تغليب الماء بما فيه من كيميائيات تقلبها بطيئاً لمدة كافية يتم فيها التفاعل الكيميائي - إذ أن لهذا التقلب فائدة كبيرة في إتمام التفاعل لأن لادوام التقلب خلال هذه الفترة بقاء للندف المتكونة في حركة دائمة مما يساعد على التصاق أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة الدقيقة علي سطحها حتي إذا ما أعطيت فرصة للرسوب فيما بعد رُسبت بما عليها من مواد التصقت بها بسرعة إلى

قاع الترسيب .

طرق المزج السريع (Flash mixing tank)

يتم المزج السريع بأحد الطرق الآتية :

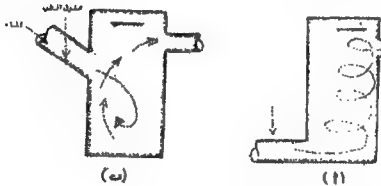
أ- إضافة محللول المادة المرورية للماء فوق هدار ذو موجة ثابتة (standing wave weir) (شكل رقم ٧) ويمرر المحلول والماء فى هذه الموجة الفابتة يتم المزج السريع بينهما .

ب- إضافة محللول المادة الكيميائية فى ماسورة سحب مضخة الضغط المتخفض وبذلك يضمن المزج بفعل دوران مرواح الطلمبة إلا أن هذه الطريقة غير مستحبة نظرا لاحتمال تآكل مرواح الطلمبة نتيجة تفاعل كيميائى بين المواد الكيميائية ومادة المروحة .

ج- المزج باحداث دوامات فى الحوض (Vortex spiral flow tank)

هذه الدومات كافية لأن ينتشر المحلول فى داخل جسم الماء ويصمم هذا الحوض بحيث تكون مدة مكث الماء فيه حوالى دقيقة أى أن حجمه يساوى التصرف فى دقيقة واحدة (شكل ٧) على أن تكون الدومة إما رأسية المحور أو أفقية .

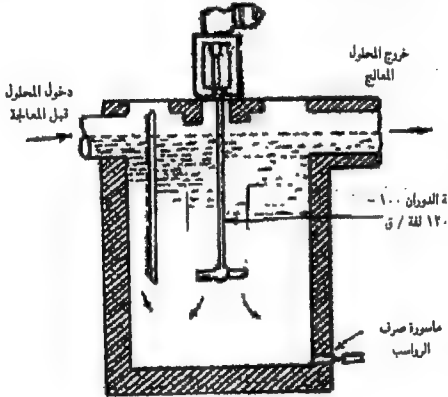
د) المزج الميكانيكي بخلاط سريع الدوران



شكل (٧) يبين تانك لأحداث دوامات إما رأسية (أ) أو أفقية (ب)

(Mechanical Agitation With High Speed Paddle)

وتتلخص هذه الطريقة في إضافة محلول المروب إلى الماء في حوض خرساني سعته مقدرة بحيث يبقى الماء فيه لمدة حوالي الدقيقة الواحدة - وفي نفس الوقت مُركَّب على هذا الحوض خلاط سريع الدوران ينتج عن دورانه في الحوض مزج المروب مع الماء مزجاً تاماً .



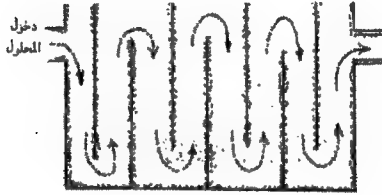
شكل (أ) طريقة المزج الميكانيكي

طرق المزج البطيء (Methods of Flocculation)

يتم المزج البطيء - أو ما يسمى أحياناً بالترويب باستخدام أحواض خاصة تسمى بأحواض الترويب Focculaion or agitaton tanks وهي علي أنواع :

أ- أحواض ذات حوائط حائله لتوجيه سير الماء (Baffed tank) وهذه تنقسم إلى:

١ - أحواض مقسمة رأسياً بواسطة حوائط حائلة وهدارات
وفى هذه الأحواض تمر المياه رأسياً تحت الحوائط الحائلة وفوق الهدرات وبسرعة
محدثة دوامات تعمل على مزج محتويات الخوض مزجا جيدا كما فى (شكل ٩).



شكل (٩) خوض ذو حوائط حائلة رأسية

٢ - أحواض مقسمة أفقياً بحوائط حائلة (Around the end baffled tank)
وفى هذا الخوض تمر المياه أفقياً حول الحوائط المقامة فى الخوض ويسبب تغيير
اتجاه المياه دوامات تعمل على مزج محتويات الخوض مزجا تاما (شكل ١٠).



شكل (١٠) خوض ذات حوائط حائلة أفقية

أسس تصميم الأحواض ذات الحوائط الحائلة

- ١ - المسافة بين الحوائط الحائلة ٦٠ سم .
- ٢ - سرعة المياه بين الحوائط الحائلة حوالي ٣٠ سم / الثانية .
- ٣ - مدة مكث الماء في الحوض من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة - وبذلك يتراوح الطول الكلي لمسار الماء في الحوض من ٣٦٠ إلى ٥٤٠ متر .
- ٤ - عمق الحوض من ٢ إلى ٣ متر .

ومن مزايا هذا النوع الأحواض

- ١ - شكل الحوض غير مرتبط بأجهزة ميكانيكية .
 - ٢ - عدم الاحتياج لقوى ميكانيكية خارجية لضمان المزج .
 - ٣ - عدم الاحتياج إلي صيانة وإشراف في التشغيل .
- إلا أن عيوب هذا النوع من الأحواض هي :
- ١ - الفاقد في منسوب الماء بين المدخل والمخرج كبير نظراً للفاقد في الاحتكاك أثناء سير المياه وكذلك للفاقد نتيجة تغير اتجاه سير المياه أكثر من مرة في الحوض .
 - ٢ - عدم القدرة على التحكم في سرعة جريان المياه داخل الحوض نظراً لاختلافها باختلاف تصرف المحطة .
- وهذه الأحواض لا تستعمل بكثرة حالياً في محطات تنقية المياه الكبرى .

ب - أحواض التقلب الميكانيكي (Mechanical flocculation tanks)

- وهذا النوع من الأحواض أصبح الآن أكثر انتشاراً في عمليات المياه الكبرى وذلك نظراً للمزايا التي يتصف بها وهي كالآتي :-
- ١ - استعماله يؤدي إلى وفر المواد الكيميائية .

- ٢ - الماء الناتج منه أكثر صفاء من المياه الناجمة من أحواض أخرى .
 - ٣ - مرونة التشغيل وسهولة التحكم في سير الماء .
 - ٤ - الفاقد في منسوب الماء بين المدخل والمخرج بسيط جدا .
 - ٥ - رخص التكاليف الإنشائية والتشغيلية .
- وأسس تصميم هذه الأحواض هي :
- ١ - يتراوح العمق بين ٣ مترات و ٥ , ٤ مترات .
 - ٢ - المسافة بين مواسير الهواء المضغوط حوالي متر واحد .
 - ٣ - قطر الثقوب في المواسير (١٦/١) .
 - ٤ - المسافة بين الثقوب علي المسورة من ١٠ الي ١٥ سم .
- وهذه الطريقة تعطى نتائج عالية وتمتاز بالآتي :
- ١ - مرونة التشغيل .
 - ٢ - صغر التكاليف الإنشائية مع سهولة التشغيل .
 - ٣ - تهوية المياه وإزالة ما قد يكون بها من غازات بالإضافة إلي التقليب .
- إلا أن لها العيوب الآتية :-
- ١ - عدم انتظام التقليب ما بين سطح الحوض وقاع الحوض .
 - ٢ - احتمال سد الثقوب نتيجة دخول بعض الرواسب .

أحواض الترويق (Clarifiers)

بعد أن تتم عمليتا المزج السريع ثم البطيء تمر المياه في أحواض ترسيب تسمى بأحواض الترويق حيث تهبط الندف المتكونة في أحواض الترويب بما جذبت إلي سطحها من مواد عالقة ، إلى قاع الحوض .

وأحواض الترويق في هذه الحالة لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعي كما أن العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب فيها وطرق تصميم الحوض لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعي وأحواض الترويق مختلفة الأنواع إلا أنها جميعاً تتفق في الأسس الرئيسية للتصميم وأن اختلفت في بعض التفاصيل .

الأسس الرئيسية لتصميم أحواض الترويق

١ - المسقط الأفقى للحوض أما مستطيل طوله حوالي ثلاثة أمثال العرض - أو مربع أو دائري.

٢ - يتراوح عمق الحوض من ٣ - إلى ٤ متر .

٣ - مدة مكث الماء فى الحوض لا يتجاوز ثلاث ساعات .

٤ - السرعة فى الاحواض ذات التصرف الأفقى لا تزيد عن ٣٠ سم / دقيقة

٥ - معدل التحميل السطحي (overflow rate) لا يتجاوز ٤٥ م^٣ / ٣ م^٢ / يوم .

٦ - معدل التصرف على المتر الطولي لهدار المخرج لا يتجاوز ٥٠ م^٣ للمتر الطولي في الساعة وبغض، ألا يزيد عن ٢٥ م^٣ للمتر الطولي في الساعة.

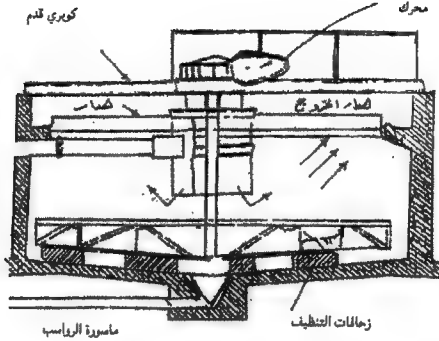
أنواع أحواض الترويق

١ - أحواض ترويق دائري ذات تصريف قطري

(Radial flow circular tanks)

وفي هذه الاحواض تدخل المياه في ماسورة حتي ماسورة رأسية قصيرة في محور الحوض (distribution barrel) ومن ثم تخرج من أسفل الماسورة القصيرة فتسير فى اتجاه قطري حتى هدار مركب علي طول محيط الحوض .

وتنظف هذه الاحواض بواسطة زحافات (Scrapers) تدار بواسطة محرك مثبت في منتصف كوبرى ثابت يرتكز قطريا علي الحائط الدائري للحوض (شكل ١١) أو بواسطة زحافات متصلة بكوبرى متحرك يرتكز علي دعامة فى محور الحوض والطرف الآخر الذي ينتهى بعجلة تسيير علي محيط الحوض .



شكل (١١) لأحد أحواض الترويق ذات التصريف القطري (

وعند دوران الزحافات تكسح ما أمامها من رواسب إلى هرم أو مخروط مقلوب في محور الحوض الهرم المقلوب تخرج ماسورة الرواسب التي يتم تشغيلها بواسطة محبس خاص .

وبالإضافة إلى أسس التصميم السابق ذكرها لأحواض الترويق عامة فإنه يجب مراعاة الشروط الآتية :-

١- يحسن ألا يتجاوز قطر هذه الأحواض أربعين متراً وذلك اقتصاداً في تكاليف الكوبرى والأجزاء الميكانيكية الخاصة بإدارة الزحافات .

٢- لا تتجاوز سرعة دوران الزحافات ٣ مترات في الدقيقة عند محيط الحوض (tangential) حتى لا تسبب إثارة للرواسب التي رسبت في قاع الحوض مما

يقلل كفاءة الترويق .

٣- يبنى قاع الحوض بحيث ينحدر انحدار بسيطاً من المحيط الى المركز (حوالى ١ : ٤) وذلك لمساعدة الزحافات في توجيه الرواسب الى مركز الحوض حيث يوجد الهرم المقلوب الذى تخرج منه الرواسب .

العيوب الرئيسية لهذا النوع من الاحواض هى :

أ - توضع ماسورة الرواسب أحياناً تحت الحوض حتي تصل إلى المحور مما قد يؤدي الى كسر في الماسورة يتعذر إصلاحه إذا حدث أي هبوط فى الحوض .

ب - زيادة سرعة الماء فى الحوض عند المحور عنها بالقرب من المحيط مما يسبب أثارة المواد الراسبة المتراكمة عند المحور .

ج - انخفاض السرعة بالقرب من محيط الحوض يزيد من الترسيب الذي يحدث بعيداً عن مركز الحوض حيث يوجد مخرج الرواسب .

٢- أحواض ترويق دائرية ذات تصريف أفقى

(Horizontal flow circular tanks)

وفي الحوض تدخل المياه فى ربع محيطه تحت حائط حائل بطول ربع المحيط . كما تخرج المياه على هدار ويطول ربع المحيط كذلك الجانب المقابل من الحوض . وطريقة تنظيف تشبه طريقة تنظيف الأحواض الدائرية ذات التصريف القطرى .

٣ - أحواض ترويق دائرية تصريف حلزوني

Horizontal flow circular tanks

وفي هذه الاحواض تدخل المياه من فتحه جانبيه بارتفاع الحوض على أن توجه المياه بحيث تدخل في اتجاه مماس لمحيط الحوض فتأخذ بذلك اتجاه دائرى لتخرج المياه علي هدار بطول من ربع إلي ثلث محيط الحوض . وطريقة التنظيف في نفس الطرق المتبعة في الأحواض الدائرية الأخرى .

من مزايا هذا النوع من الاحواض

- ١ - ماسورة المدخل لا توضع تحت أساس الحوض
 - ٢ - حركة زحافات التنظيف فى اتجاه سير المياه فى الحوض .
 - ٣ - ارتفاع فى كفاءة الترسيب .
 - ٤ - مدة مكث الماء فى الحوض أقل من الاحواض الدائرية الأخرى مما يقلل من سعة الحوض ومن تكاليف الإنشاء .
- إلا أن أهم عيوب هذه الاحواض ذات التصريف الحلزوني احتمال حدوث ظاهرة اختصار المياه لمسارها فى الحوض (short circuit) مما يقلل من كفاءة الترسيب وبالتالي يحد من التوسع فى استعمالاته إلا إذا أخذت الاحتياطات الكافية لوقف هذه الظاهرة ومن أهم أسباب حدوث هذه الظاهرة :
- ١ - دخول الماء بسرعة غير كافية لإحداث الدورة الحلزونية مما يسبب اتجاه المياه مباشرة إلى المخرج دون أن تبقى فى الحوض مدة المكث اللازمة - مما يضعف من كفاءة الترسيب .
 - ٢ - ارتفاع درجة حرارة المياه الداخلة عن المياه الموجودة بالحوض وبذلك تكون أقل كثافة فيندفع الماء الساخن طافيا على السطح إلى المخرج مباشرة دون أن يبقى فى الحوض مدة المكث اللازمة .

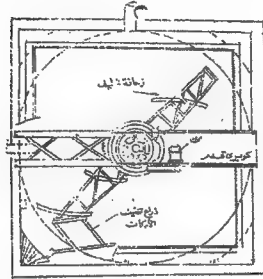
٤ - أحواض ترويق مربعة ذات تصريف أفقى

(Horizontal flow square tanks)

وفي هذه الاحواض تدخل المياه فى أحد جوانب المربع تحت حائط حائل متجهة الى الجانب المقابل حيث يوجد مدار المخرج .

وتنظف هذه الأحواض بواسطة زحافات مثبتة على أذرع طولها يساوي نصف ضلع المربع وتدور حول محور مركز الحوض - إلا أنه لما كان الحوض مربعاً فإن الزحافات العادية لا يمكن أن تصل إلى أركان الحوض لتنظيفها ، ولذلك يثبت فى نهاية الأذرع زحافة خاصة بالأركان تنزلق لتتمدد كلما اقتربت من الأركان

وتتكمش في مواجهة أضلاع الخوض وذلك بفعل سوسته خاصة .



شكل (١٢) لأحد الاحواض المربعة ذات التصريف الانقي .

٥ - أحواض ترويق مستطيلة أفقية التصريف

(Horizontal flow rectangular tanks)

وفي هذه الاحواض تدخل المياه من جانب الخوض عن طريق فتحات منتشرة على العرض الكامل للخوض أو تمر تحت حائل ، وذلك لتنظيم سير المياه وضمان سريانها بكامل قطاع الخوض وعدم تواجد مناطق مشلولة (dead zone) وفسي الجانب المقابل للخوض يوجد هدار المخرج . ولا تختلف طريقة تنظيف هذه الاحواض عن طريقة تنظيف الترسيب الطبيعي المستطيلة والسابق شرحها .

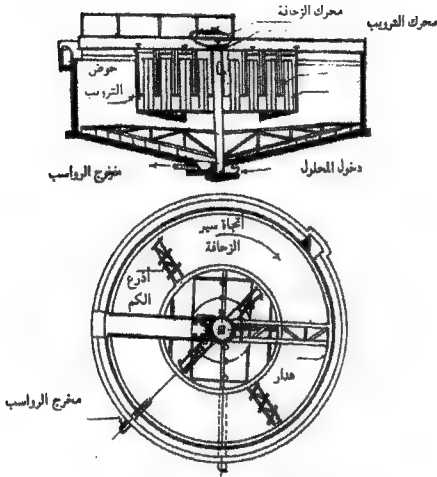
أحواض مشتركة للترويب والترويق

وهذه الأنواع من الأحواض قامت الشركات المعنية بتصنيع معدات تنقية المياه بإنشائها وتسجيلها تحت أسماء مسجلة (patent) محفوظة بحق إنشائها وجميع هذه الأحواض تتفق في الفكرة الرئيسية وهي حوض الترويب علي شكل أسطواني تدخله المياه في المحور ثم تخرج من المحيط أو من أسفله لتدخل في حوض الترويق وهو عبارة عن أسطوانة محيطة بحوض الترويب أي أن الحوضين عبارة عن وحدة واحدة مكونة من أسطوانتين متداخلتين متحدى المحور .

ومن أهم هذه الأنواع ما يعرف بالكلاريفلوكتيور (Clarifocculator) وهى كلمة مشتقة لكلمتى الترويق (Clarification) والتكتل (flocculation)

وفيه تدخل المياه إلي محور حوض الترويب حيث يتم التقليل بواسطة مجموعة من الأمشاط التي تدور بقوة محرك كهربائي لتتخلل مجموعة أمشاط ثابتة وبذلك تتم عملية المزج البطيء للكيمياويات المروية .

وتخرج المياه من أسفل المروب لتسير في اتجاه قطرى (radialflow) وفي نفس الوقت إلي أعلي لتخرج علي هدار بكامل محيط حوض الترويب مخلفة الرواسب في قاع الحوض على أن ينظف الحوض من الرواسب بواسطة زحافات مثل التي توجد في أحواض الترويق الدائرية العادية وتدار بواسطة محرك كهربائي خاص (الشكل ١٣) بين القطاع ومسقط أفقي للحوض .



شكل (١٣) - لأحد أحواض الترويب والترسيق المشتركة

وأهم أسس تصميم هذا الحوض :

- ١ - مدة المكث في حوض الترويب ٢٠ إلى ٣٠ ق
 - ٢ - مدة المكث في حوض الترسيق ١٠٠ إلى ١٥٠ ق
وبذلك تكون مدة المكث الكلية من ٢ إلى ٣ ساعات
 - ٣ - سعة حوض الترويب من ١٥ إلى ٢٥ ٪ من السعة الكلية
 - ٤ - العمق الكى للحوض لا يتجاوز ٣ أمتار
- على أنه يجب مراعاة ألا يسبب خروج المياه من قاع حوض الترويب إثارة الرواسب المتجمعة في قاع الحوض .

الفصل الثالث

الترشيح

Filtration

تعتبر عمليات الترشيح من الخطوات الأساسية لمعالجة الماء ليهضم الإستخدامات الصناعية . والهدف الأساسى من الترشيح هو إزالة المواد العالقة من التربة والشوائب .

وتجرى عمليات الترشيح عادة بعد عمليات الترسيب والترويب لغرض إزالة ما تبقى من العوالق المتخلفة من العمليات السابقة .

وتتراوح درجة عكارة الماء عندما يخرج الماء من أحواض الترويق من ١٠ - الي ١٢ جزء في المليون وعملية الترشيح هى العملية التى يتم فيها إزالة العكارة عن طريق حجز المواد العالقة الغروية المسببة لها بإمرار الماء خلال طبقة مسامية تحجز هذه المواد . وأهم المواد التى تستعمل لهذا الغرض هى الرمل (Sand) فحسم الإنتراسيت (Anthracite coal) إلا أن أكثر المواد استعمالاً هو الرمل نظراً لرخص أسعاره وعدم تغير خواصه الطبيعية أو الكيميائية بمضى الوقت وتوافره في مناطق كثيرة . وتتم عملية الترشيح إما تحت الجاذبية الأرضية أو تحت ضغط . وتستخدم عمليات الترشيح تحت ضغط عادة في الصناعة .

والتغيرات التى تطرأ على الماء نتيجة لمروها خلال طبقات المرشح هى :

١ - إزالة المواد العالقة الغروية .

٢ - نقص كبير في عدد البكتيريا الموجودة في الماء .

٣ - إزالة اللون الذى قد يتواجد في الماء .

أنواع المرشحات

تنقسم المرشحات الي نوعين رئيسيين :

(Slow sand filter)

١ - المرشح الرمل البطيء

(Rapid sand filter)

٢ - المرشح الرملى السريع

وهذا بدوره ينقسم الى نوعين : -

(Gravity rapid sand filter)

(أ) مرشحات بالجاذبية الأرضية

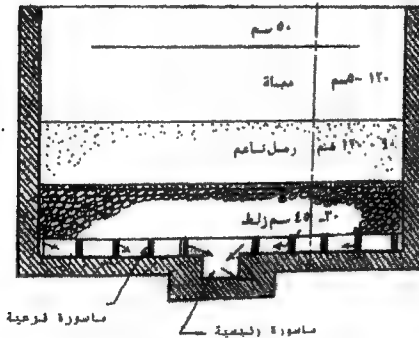
(Pressure rapid sand filter)

(ب) مرشحات بالضغط

وفي جميع هذه الأنواع تمر المياه من أعلي إلى أسفل خلال طبقة من الرمل مختلفة وراعاها المواد العالقة ثم في طبقة من الزلط شبكة من المواسير المثبتة أو المفتوحة الوصلات إلى خارج المرشح .

المرشحات البطيئة

يتكون المرشح الرملى البطيء من حوض جدرانه وقاعه من مادة صماء إما من خرسانه مسلحه أو طوب أو ديش بالمونة ومسقطه الأفقى إما مربع أو مستطيل كالشكل التالى :



شكل (١٤) رسم توضيحي لأحد المرشحات البطيئة

ويغطي القاع شبكة من القنوات أو المواسير المفتوحة الوصلات لتصريف المياه من الحوض وتعلو هذه الشبكة طبقات من الزلط يأخذ حجم حبيباتها في الصغر من أسفل إلى أعلى ثم تعلو ذلك طبقة من الرمل الحرش قطره من ١.٥ الي ٢ ملليمتر بإرتفاع من ٥ الي ١٠ سم . ثم طبقة من الرمل الناعم بإرتفاع من ٩٠ الي ١٢٠ سم بقطر فعال من ٠.٩ - ٣٠ ملليمتر .

وأسس تصميم هذه المرشحات هي أن معدل الترشيح من ٣ الي ٥ م^٣/م^٢/يوم وأن مساحة كل مرشح تتراوح من ١٠٠٠ الي ٢٠٠٠ متر مسطح وأن تزود المحطة بعدد كافى من المرشحات يتيح لها استيعاب الكمية المطلوب ترشيحها وعمل التنظيف اللازم .

وتحماز هذه المرشحات البطيئة بالكفاءة العالية في إزالة الشوائب من الماء ، حيث تصل نسبة إزالة العكارة الي ١٠٠٪ وإزالة من اليكتريا ٨٩ - ٩٩٪ وإزالة اللون من ٢٠ - ٣٠٪ ومركبات الحديد ٦٠٪ ، أما من عيوب هذه الطريقة بطء معدل الترشيح ولا تعطى كفاءة عالية اذا زادت العكارة في الماء عن ٥٠ جزء .

المرشحات الرملية بالضغط (Rapid Sand Pressue Filter)

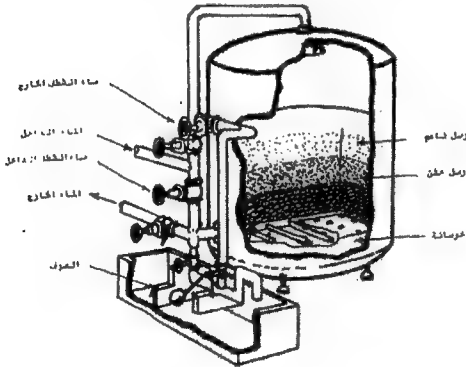
وهذه عبارة عن اسطوانة من الصلب محكمة إما رأسية أو أفقية المحور والنوع الرأسى يتراوح قطره من نصف متر إلى ثلاثة أمتار وإرتفاعه من مترين إلى أربعة أمتار - وهو يستعمل للتصريفات الصغيرة - كما أن النوع الأفقى يتراوح قطره من ٢.٥ الي ٣ متر ويبلغ طوله حتى سبعة أمتار وهو يستعمل للتصريفات الكبيرة .

ولا تختلف هذه المرشحات في داخلها عن المرشحات التى تعمل بالجاذبية فتوجد فيها شبكة لصرف المياه المرشحة من نوع المثقوب تعلوها طبقة من الزلط ثم طبقة من الرمل بنفس مواصفات الرمل والزلط المستعمل في المرشحات التى تعمل بالجاذبية .

وطريقة التشغيل هي أن تضغط المياه بعد الترسيب بواسطة طلمبات ذات

ضغط عالى الى المرشحات فتمر في الرمل والزلط الي شبكة الصرف ومنها الي شبكة التوزيع رأسا دون أن تمر علي خزان المياه النقية - ويستمر هذا حتي يبلغ فاقد عمود الضغط في المرشح أقصاه ثم يتم غسله فتتفكك حبيبات الرمل عن بعضها ومن ثم بأحتكاكها مع بعضها تتخلص مما علق بها من مواد هلامية تخرج مع المياه من المرشح .

كما أنه لابد من فترة إنضاج للمرشح بعد عملية الغسيل قبل إستعمال المرشح، ومعدل الترشيح في هذه المرشحات هو ١٠٠ - ١٥٠ م^٣ / م / يوم .



شكل (١٥) يبين مرشح رملى بالضغط

استعمالات المرشح بطريقة الضغط

لا يستعمل هذا النوع من المرشحات لعمليات المياه الكبرى بل يقصر استعماله علي الحالات الآتية :

١ - الأغراض الصناعية - لترشيح مياه مصنع بعيد عن مصدر المياه النقية .

٢ - إمداد المجتمعات السكنية الصغيرة بالمياه النقية .

٣ - إمداد المجتمعات السكنية المؤقتة (كالمعسكرات الصيفية والثقافية والترفيهية) أو الوحدات السكنية المتنقلة كوحدات الجنود المحاربة وفي هذه الحالات يثبت المرشح علي سيارة نقل عادية (لورى) لسهولة إنتقاله من مكان لآخر حسب الحاجة ..

٤ - تنقية المياه في حمامات السباحة .

المرشحات الرملية السريعة (بالجاذبية الطبيعية)

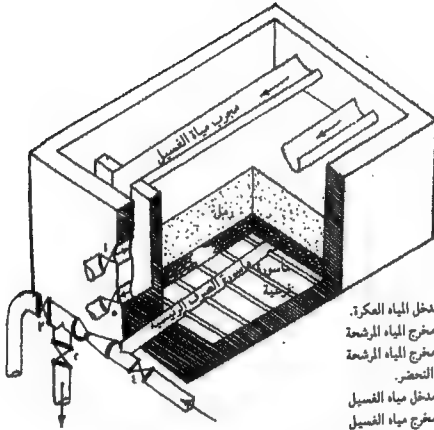
يتكون المرشح الرملى من حوض من مادة صماء من الخرسانة أو الصلب أو الطوب أو ديش بالمونة - وفي قاع الحوض توجد شبكة من المواسير الغرض منها صرف المياه من المرشح - تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بارتفاع يتراوح من ٤٥ . ٥٠ سنتيمتر - ثم طبقة من الرمل بارتفاع يتراوح بين ٦٠ ، ٧٨٥ سنتيمتر - أما عمق المياه في المرشح فيبلغ حوالي ١٥٠ سنتيمتر فوق سطح الرمل - وترتفع حافة الحوض حوالي ٥٠ سنتيمتر عن سطح الماء ولذلك يترواح العمق الكلي للمرشح من ٣ الي ٣,٢٥ مترا .

خطوات تشغيل المرشح

نتلخص خطوات تشغيل المرشح الي:

١ - بدء تشغيل المرشح (Starting the Filter)

عند بدء التشغيل لأول مرة يجب أن يملأ المرشح بالماء ببطء من شبكة الصرف من أسفل إلي أعلي وذلك حتى يطرد الماء أثناء ارتفاعه في مسام الزلط والرمل ما يوجد في هذه المسام من هواء مع ملاحظة عدم إثارة سطح الرمل .



شكل (١٦) يبين خطوات تشغيل المرشح

٢- فترة الانتضاج والإعداد (Ripening Period)

وفي أثنائها يفتح الصمام رقم (١) والصمام رقم (٣) فتتم المياه من أعلى الي أسفل في المرشح إذ أنه أسوة بالمرشح الرملى البطيء ولنفس الأسباب التى ذكرت في تشغيل المرشح الرملى البطيء . فإنه يحسن عدم جمع المياه الخارجة من المرشح لفترة بعد بدء تشغيله وفي خلال هذه الفترة تتكون على سطح الرمل طبقة هلامية جيلاتينية مكونة من المواد الغروية والندف الدقيقة التى لم ترسب في أحواض الترويق ونتيجة لتجميع هذه الطبقة الهلامية على سطح الرمل ، فإن شفافية الماء الخارج من المرشح تأخذ في التحسن نظرا لضيق مسام الطبقة العليا من الرمل وعندئذ يمكن أخذ المياه من المرشح واستعمالها .

وهذه الفترة تسمى فترة الانضاج أو الاعداد وهي تستمر في حالة مرشح الرمل السريع فترة تتراوح بين عشر دقائق وخمسة عشر دقيقة ، ويتوقف ذلك علي صفات المياه وما فيها من ندف وعلي معدل الترشيح .

٣ - فترة الترشيح (Filtration Period)

وفي أثنائها يفتح الصمام رقم (١) والصمام رقم (٢) لتمر المياه من أعلى إلي أسفل في المرشح ومنه إلى خزان المياه المرشحة .

وهي تبدأ مباشرة بعد انتهاء فترة الإنضاج ، وفيها يمر الماء خلال المرشح بمعدل ثابت بين مائة وعشرين ومائة وثمانون مترا مكعبا للمتر المسطح في اليوم ، هذا المعدل يجب أن يحفظ ثابتا أثناء الترشيح ويتم ذلك عن طريق منظمات توضع على مخرج المياه من المرشح .

وعند بدء عملية الترشيح يكون الفاقد في ضغط الماء خلال المرشح حوالي خمسون سنتيمترا ، إلا أنه يأخذ في الانخفاض نظرا لانسداد مسام الطبقة العليا للمرشح بما تحجزه من المواد الغروية العالقة بالماء - فإذا وصل هذا الفاقد إلى الحد الأقصى المسموح به يتراوح من ١,٢٥ إلى ١,٧٥ متر وجب قفل الماء عن المرشح استعداد لتنظيفه .

وتترواح مدة الترشيح أي الفترة بين عمليتي غسيل متتاليتين - ما بين اثني عشر ساعة وثلاثين ساعة ، ويتوقف علي معدل الترشيح وكمية المواد العالقة في الماء ، وكذلك علي حجم حبيبات الرمل إلا أنه يجب مراعاة انتظام معدل الترشيح طول هذه الفترة لأن عدم انتظامه قد يؤدي إلي تشقق في جسم الرمل بالمرشح ، مما يسبب بدوره هروب المياه خلال هذه الشقوق إلي الزلط مباشرة دون أن يحمز منها ما علق بها من شوائب .

٤ - عملية الغسيل (Washing Process)

وفي أثنائها يفتح الصمام رقم ٤ والصمام رقم ٥ لتمر المياه من أسفل إلي أعلى المرشح ومنه إلى مجرى مياه الغسيل إلى المصرف - وهي تبدأ عند وصول فاقد عامود ضغط الماء في المرشح إلى أقصاه وهو في المتوسط حوالي متر

ونصف.

وتتم هذه العملية علي خطوات :

(أ) يقفل الصمام المغذى للمرشح على أن يترك صمام المخرج مفتوحا حتى يصير منسوب الماء في المرشح أعلى من سطح الرمل بحوالى عشرين سنتيمترا ثم يقفل .

(ب) يفتح صمام تغذية المرشح بماء الفسيل ومنه يندفع الماء من أسفل إلي أعلى في شبكة صرف المرشح ثم طبقة الزلط ثم فى طبقة الرمل وفى نفس الوقت يفتح صمام مخرج مياه الفسيل على أن يكون مرور المياه من أسفل إلي أعلى بمعدل ثابت يتراوح من ٧٢٠ الى ١٢٠٠ متر مكعب للمتر المسطح في اليوم أى أن سرعة المياه إلي أعلى في القطاع الافقى للمرشح تتراوح من ٥٠ - ٨٠ سنتمرا / دقيقة نتيجة لهذا تتفكك طبقة الرمل عن بعضها ويتمدد حجمها الكلى ليصبح ارتفاعها من ٧٥ - ١٠٠ سنتمتر وتتحرك حبيبات الرمل في الماء الصاعد محتكة ببعضها نافضة عن سطحها ما علق بها من شوائب أثناء عملية الترشيع هذه الشوائب تخرج مع المياه إلي مجرى الفسيل ومنها إلي صمام المخرج. وتستمر عملية الفسيل هذه مدة تتراوح ما بين عشرة وخمسة عشر دقيقة . وتكرر دورة تشغيل المرشح (الثلاثة خطوات السابقة) مرة كل أربع وعشرين ساعة في المتوسط وقد تقصر إلي اثني عشر ساعة في الاوقات التى تكثر فيها المواد العالقة أو الطحالب وقد تطول إلي ست وثلاثين ساعة أو أكثر عندما تكون المياه قليلة الطحالب والمواد الغروية العالقة .

ويتوقف مدى تفكك حبيبات الرمل عن بعضها وتحدد الحجم الكلى للرمل علي العوامل الآتية :

- ١ - حجم حبيبات الرمل .
- ٢ - الوزن النوعي لحبيبات الرمل .
- ٣ - سرعة المياه إلي أعلى - فكلما زادت ارتفاع سطح الرمل أثناء الفسيل .
- ٤ - درجة حرارة المياه فكلما زادت درجة الحرارة قلت قدرة المياه على تفكيك

حببيبات الرمل عن بعضها لذلك يلاحظ أن معدل مياه الغسيل يزداد في الصيف عنه في الشتاء للحصول على نفس مدى طبقة الرمل أثناء الغسيل

التهوية الابتدائية (Pre- aeration tanks)

تتم عملية التهوية الابتدائية للمخلفات السائلة في أحواض تهوية خاصة تسبق أحواض الترسيب الابتدائية - وهي تستعمل إذا كان تركيز المواد العضوية في المخلفات السائلة عاليا - والغرض من هذه التهوية هو إزالة الغازات الناتجة عن التحلل اللاهوائي الذي يكون قد حدث للمواد العضوية أثناء انتقال المخلفات السائلة في شبكات الصرف مدة طويلة وكذلك إكساب المخلفات السائلة بعض الأكسجين الذائب - مما يساعد على زيادة كفاءة خطوات المعالجة التالية لذلك ويجب ألا تقل مدة المكث في هذه الأحواض عن عشرين دقيقة ويفضل أن تكون حوالى ثلاثين دقيقة .

طرق التهوية

- ١ - استعمال الهواء المضغوط الذي يخرج على شكل فقاعات من فتحات في شبكة مواسير في قاع الحوض .
- ٢ - استعمال قلابات ميكانيكية تحدث اضطراباً في سطح الماء مما يجعل الهواء يتخلل جسم المخلفات السائلة .

أحواض حجز الزيوت (Grease removal tanks)

يفضل في حالة تواجد كمية كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية في المخلفات السائلة أن تفصل هذه المواد عن بقية المخلفات قبل معالجتها بالترسيب الابتدائي إذ أن تواجد مثل هذه المواد قد يعيق كفاءة الترسيب حيث تطفو على سطح الحوض بما التصق عليها من مواد عالقة ، كما أن وجود الزيوت في الماء الخارج من أحواض الترسيب يقلل من كفاءة عمليات المعالجة التي تعقب الترسيب سواء كان ذلك بتنشيط الحمأة أو الترشيح .

وتتم إزالة الزيوت في أحواض خاصة تتراوح مدة المكث فيها بين خمسة وخمسة

عشر دقيقة - وفي قاع هذه الأحواض توجد شبكة مواسير مشقبة بخرج منها هواء مضغوط مما يساعد على تجميع حبيبات الزيوت مع بعضها ؛طفوها على سطح الماء في الخوص . كمية الهواء المطلوب في هذه الحالة حوالي نصف متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

الفصل الرابع

تطهير المياه (Disinfection Of Water)

المياه وما تنقله من أمراض

من البديهي أن استعمال المياه ملوثا دون تنقية يؤدي إلى انتشار الكثير من الأمراض بسبب ما تحتويه المياه الملوثة من البكتيريا والطفيليات المسببة لهذه الأمراض - وليس أدل على ذلك من أن الإحصائيات في مختلف بلاد العالم أظهرت أن انتشار عمليات التنقية للمياه كذلك حسن إدارتها وتشغيلها وتوزيعها للاستعمال المنزلي بين السكان قد أدى إلى انخفاض كبير في انتشار هذه الأمراض التي تنتقل عن طريق استعمال المياه الملوثة .

ومن أهم هذه الأمراض :

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| ١ - التيفود | (Typhoid) |
| ٢ - الدوسنتاريا الباسيلية | (Dysentery) |
| ٣ - الكوليرا | (Cholera) |
| ٤ - البلهارسيا | (Bilharzia) |
| ٥ - الباراتفويد | (Paratyphoid) |
| ٦ - شلل الأطفال | (Enfantile paralysis) |

وتتواجد البكتيريا والطفيليات المسببة لهذه الامراض في المياه الطبيعية نتيجة لـ
لغذف المخلفات السائلة من المدن في المسطحات المائية - وبالرغم من أنها تبدأ في
النقصان بسرعة لعدم صلاحية المياه كبيئة مناسبة لتكاثرها إلا أن في استعمالها
للأغراض العامة كالري دون أخذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول هذه البكتيريا أو
الطفيليات الى جسم الانسان ، وتطهير الماء هو إبادة جميع ما قد تحويه من بكتيريا
مسببة للأمراض وكذلك بكتيريا القولون (Cloriform Bacteria) ولكن لا تعنى

قتل جميع البكتيريا الموجودة في الماء إذ أن هذا ما يطلق عليه التعقيم (Sterilization).

وعملية تطهير الماء لا تغنى عما يسبقها من عمليات الترسيب والترشيح ولكنها مكملتها لما يسبقها من عمليات الغرض منها قتل البكتيريا المسببة للأمراض التي لم تحجز في أحواض الترسيب أو المرشحات .
وتتم عملية التطهير بإحدى الطرق الآتية : -

- ١ - التطهير بالكور (الكلورة) (Chlorination)
- ٢ - التطهير بالأوزون (Ozonation)
- ٣ - تعريض الماء للأشعة فوق البنفسجية (Exposure to Ultra Violet ray)
- ٤ - التسخين (Heating)
- ٥ - التطهير بالجير (Addition of lime)
- ٦ - التطهير بالبروم واليود (Addition of bromine and iodine)
- ٧ - تعريض الماء لأشعة الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Wave)

استعمال الكلور في التطهير

يتميز التطهير بالكلور بسهولة استعماله وكذلك سهولة الحكم على مدى فاعليته التي تتم بالتأكد من وجود قدر من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته « تعرف بالكلور الزائد » وتتم عملية التطهير بالكلور بإضافة جرعة من غاز الكلور إلى الماء قبل الاستعمال، وتتراوح جرعة الكلور المستعملة في الأحوال العادية ما بين نصف جزء إلى جزء في المليون ، أما في حالات الطوارئ كانتشار الأمراض المعدية التي تنتقل عن طريق الماء فقد تزداد الجرعة إلى جزئين في المليون .

وتتوقف فاعلية الكلور في قتل البكتيريا على العوامل الآتية :

- ١ - درجة تركيز الايون الهيدروجيني (Hydrogen - ion Concentration) :

- فكلما ارتفع التركيز الهيدروجيني في الماء زادت جرعة الكلور .
- ٢ - درجة الحرارة : حيث تزيد كفاءة التطهير بارتفاع درجة الحرارة .
- ٣ - مدة التفاعل بين الكلور والماء : حيث تزيد فاعلية الكلور مع زيادة الوقت نظراً لمقاومة البكتيريا المختلفة لتأثير الكلور ، وأن أقل مدة لازمة قبل استخدام الماء حوالي ٣٠ دقيقة .
- ٤ - عكارة الماء ووجود المركبات الأيونية وكذلك وجود مركبات الحديد والمنجنيز تقلل من فاعلية الكلور في قتل البكتيريا .

الكلورين المستهلك (Chlorine demand) والكلورين المتبقي (Chlorine residual)

عندما يضاف الكلور الى الماء يستهلك جزء منه في التفاعل مع الكيماويات التي قد تتواجد في الماء - هذا الجزء يسمى بالكلور المستهلك - ويبقى جزء آخر في الماء وهو ما يسمى بالكلور المتبقي.

علي أن يكون تركيز الكلور المتبقي - بعد ٣٠ دقيقة من إضافة الكلور للتأكد من إتمام عملية التطهير - يتراوح بين ٢ ر - ٣ ر جزء في المليون في الاحوال العادية .

طرق إضافة الكلور

يضاف الكلور الى الماء بإحدى الطرق الآتية : -

١ - المسحوق الأبيض (Bleaching powder)

ويسمي أحياناً كلوريد الجير (Chloride of lime) أو الجير المكلور (Chlorinated lime) وتركيبه الكيميائي هو مزيج من كلوريد الكلسيوم القاعدي $Ca(OH)_2 - CaCl_2$ وهو مسحوق أبيض مائل للإصفرار له رائحة قوية نفاذة يحتوي الحديد منه علي ٣٢٪ من وزنه كلور فعال .

٢- هيبو كلوريت الكالسيوم (Calcium hypochlorite)

وتركيبه الكيميائي هو $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ وتتراوح كمية الكلور الفعال فيه من ٦٠٪ إلى ٧٠٪ من وزنه وطلق عليه تجاريا (High test hypochlorite) كما يطلق عليه أسماء تجارية أخرى (Pitochlor) أو (Perchorn) ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبأن نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين .
وعند استعمال هيبوكلوريد الكالسيوم يحضر محلول مركز منه يضاف الى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة خاصة .

٣- هيبو كلوريت الصوديوم (Sodium hypochlorit)

وتركيبه الكيميائي (NaOCl) ويحتوي هذا الملح علي ١٥ ٪ من وزنه كلور فعال - ولذلك لا يستعمل بكثرة بالاضافة إلا أن محلوله يسبب تآكلا في المواسير .
واستعمال مركبات الكلور سواء المسحوق الأبيض أو هيبو كلوريت الصوديوم أو الكلسيوم أصبح غير شائع في عمليات تنقية المياه الكبرى نظرا لمتاعب التشغيل إلا أنها لا تزال تستعمل في الحالات الآتية :
١ - تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها أو إصلاحها .
٢ - تطهير مرشحات وخزانات المياه .
٣ - في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات .

تأثير الكلور في عمليات التطهير

هناك أكثر من تفسير لطريقة قضاء الكلور علي البكتريا وأهم هذه التفسيرات هي :-

١ - عند أضافة الكلور الى الماء ينتج أوكسجين أحادي الذرة ، هذا الأوكسجين هو الذي يقضى على البكتريا



وكمية حامض الهيدروكلوريك (HCl) الناتجة من هذه العملية ضئيلة جدا لا أهمية لها .

- ٢ - يتفاعل الكلور مع جدران خلية البكتريا ومحتوياتها مسببا بذلك هلاكها .
- ٣ - إحتراق خلايا البكتريا بفعل الكلور أو تحولها الى مواد قابلة للذوبان ، ويؤيد هذا التفسير إختفاء بعض البكتريا وعدم تواجدها سواء حية أو ميتة بعد اضافة الكلور .

استخدام المواد المظهرة الأخرى

ويستخدم منها مواد كثيرة يتوقف مدى استعمالها علي توافر هذه المواد ونوعية المياه وظروف التشغيل ، ومن هذه المواد :

اليود والبرومين (Iodine And Bromine)

وتستخدم لتصرفات المياه الصغيرة ، مثل معسكرات الجيش ، وحمامات السباحة ، وتضاف بجرعات يتراوح تركيزها بين ٨ ، ١٠ جزء في المليون ، ومن عيوب هذه المواد طعم المياه عند استعمالها .

الاوزون (Ozone)

وله تأثير فعال عملية التطهير لأنه مؤكسد قوى ، واستخدامه غير مصحوب بطعم أو رائحة ، ويضاف بتركيز ٢ - ٣ جزء في المليون يبقى منه تركيز ١٠ ر جزء في المليون بعد عشرة دقائق من إضافته ، ويختفى ما يتبقى بعد فترة قصيرة ، وهذا هو العيب الرئيسى في استخدام الاوزون والكلور معا ، لجمع مميزات المادتين - فالاوزون له تأثير سريع وفعال في عملية التطهير ، والكلور يمكن أن يبقى في المياه فترة طويلة لضمان استمرار التحكم في تلوث المياه في مسارها أثناء التوزيع .

استخدام الأشعة فوق البنفسجية (Ultra - Violet Rays)

ويمكن استخدامها في المياه الصافية الخالية من العكارة ولها تأثير فعال في عملية التطهير ولا تسبب أي طعم أو رائحة للمياه ، ولكن من ناحية أخرى هي طريقة مكلفة وليس لها تأثير إلا أثناء استعمالها ، وليس لها فاعلية في التحكم في تلوث المياه إذا ما تعرضت لأي مصدر تلوث بعد عملية التطهير .

الباب الرابع

معالجة الماء للأغراض الصناعية

الفصل الأول : تيسير الماء

الفصل الثاني : معالجة المياه

الفصل الاول

تيسير الماء (Water Softening)

تيسير الماء بالترسيب (Precipitation Softening)

من الممكن إزالة العسر لأن كربونات الكالسيوم (CaCO_3) وهيدروكسيد الماغنسيوم Mg(OH)_2 غالباً لا يذوب في الماء فكل منهما له درجة اذابة تقريباً في حدود ٣٠ مليجرام / لتر (٣٠ جزء في المليون (30P.P.M) معبراً عنها ككربونات كالسيوم في الماء البارد .

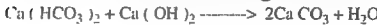
ويستخدم الجير « هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 » أو الجير مع الصودا (كربونات الصوديوم Na_2CO_3) للآضافة الى الماء لترسيب الأملاح المسببة للعسر على هيئة أملاح قليلة الذوبان في الماء .

والعسرة المؤقتة (Temporary Hardness) تقل عند إضافة الجير فقط (وتعرف هذه الطريقة « بطريقة الجير ») بينما طريقة الجير والصودا (Lime-soda process) تقلل كلاً من العسرة المؤقتة والعسرة الدائمة . وطريقة الجير والصودا تنقسم الى :

- طريقة الجير والصودا على البارد ، وطريقة الجير والصودا على الساخن
- الماء اليسر تتم عليه عمليات ترويب وترشيح للتخلص من الأملاح المترسبة .

طريقة إزالة العسرة المؤقتة بالجير (Lime Softening)

تستخدم هذه الطريقة أساساً لخفض العسرة المؤقتة الموجودة في الماء الخام والتفاعلات الأساسية لترسيب الأملاح عند إضافة الجير هي كالتالي :-





كما تزيل هذه الطريقة ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء كما في المعادلة
 $\text{CO}_2 + 2\text{Ca(OH)}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

والجرعة اللازمة من الجير يمكن تقديرها على أساس الآتي :-

١ جزء في المليون (1p.p.m) من عسرة بيكربونات الكالسيوم (معبراً عنها
 ككربونات كالسيوم تحتاج الآتي :

٧٤ ر . مليجرام من الجير المطفي (CaCO₃) أو

٥٦ ر . مليجرام من الجير الحي (CaO)

كل ١ جزء في المليون (1p.p.m) عسر بيكربونات الماغنسيوم (معبراً عنها
 بكربونات كالسيوم ، تحتاج إلي الآتي :-

١٧٤ ر مليجرام من الجير المطفي أو ١٠١٢ مليجرام من الجير الحي .

كل جزء في المليون (1p.p.m) من ثاني أكسيد الكربون (معبراً عنه
 ككربونات كالسيوم) تحتاج إلي الآتي :-

٧٤ ر ، مليجرام من الجير المطفي أو ٥٦ ر مليجرام من الجير الحي .

طريقة إزالة العسرة الدائمة بالجير والصودا على البارد

(Cold Lime _ Soda Softening)

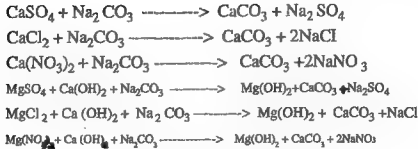
تتم هذه المعالجة عند درجات الحرارة العادية . وتستخدم هذه الطريقة لحفض
 عسرة الماء الخام سواء كانت عسرة مؤقتة أو مستديدة . ويضاف كل من الجير
 والصودا الى الماء الخام . وتتم التفاعلات الكيميائية بين الجير والصودا من ناحية
 والماء الخام من ناحية أخرى كالآتي :-

أ - بالنسبة لإزالة العسرة المؤقتة

تتم التفاعلات كما سبق

ب - بالنسبة العسرة الدائمة ، فإن التفاعلات التي تتم وينتج عنها ترسيب

الأملاح الغير ذائبة فهي كالآتي :-



ويمكن احتساب الجرعة اللازمة من الجير المطفي والصودا كالآتي :-

كل جزء من العسر الدائم للكالسيوم أو الماغنسيوم (Ca or Mg permanent hardness) معبراً عنه ككربونات الكالسيوم (تحتاج إلي :

١٠٠ ر. مليجرام من الصودا (NaCO₃) أو

١٠٠ ر. مليجرام من الصودا (Na₂CO₃) ككربونات الكالسيوم .

بالاضافة ، كل جزء من المليون من العسر الناتج عن الماغنسيوم يحتاج إلي :

٧٤ ، مليجرام من الجير المطفي (Ca CO₃) أو

١٠٠ ر. مليجرام من الجير الحي (CaO) أو

١٠٠ ر. مليجرام من الجير المطفي ككربونات الكالسيوم (CaCO₃) أو

١٠٠ ر. مليجرام من الجير الحي ككربونات الكالسيوم .

وكل العوامل تؤثر على إذابة كل من كربونات الكالسيوم (CaCO₃) أو هيدروكسيد الماغنسيوم Mg(OH)₂ وهذا يحدد العسر المتبقي للماء المعالج .

· وإزالة العسر بطريقة الجير والصودا على البارد تقلل عسر الكالسيوم الي حوالي ٥٣ مليجرام في اللتر (53mg / lt) تحت ظروف التشغيل السليمة . أما العسر الناتج عن الماغنسيوم فإنه يقل إلى أي مستوى اقتصادي مطلوب الوصول إليه وذلك في وجود زيادة من أيونات الهيدروكسيد ، والتي تعمل علي خفض إذابة هيدروكسيد الماغنسيوم (Mg(OH)₂) .

وفي طريقة الجير صودا ، فإنه يحدث زيادة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بزيادة جرعة الجير المطفي Ca(OH)_2 والصودا Na_2CO_3 والتفاعل الذي يتم كالآتي :-

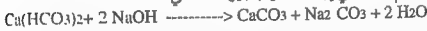


حيث أن كل واحد مليجرام في اللتر من هيدروكسيد الصوديوم (معبر عنه ككربونات كالسيوم) يحتاج الي

٧٤ ر مليجرام / لتر من الجير المطفي أو

٥٦ ر مليجرام / لتر من الجير الحي وكذلك

١,٠٦ / لتر من الصودا Na_2CO_3 وهذا بالتالي يتفاعل مع بيكربونات الكالسيوم ، كما في إزالة العسرة بالجير ، كما في المعادلة :



والصودا الناتجة من التفاعلات تتفاعل مع أملاح الكالسيوم الغير كربونية المسببة للعسرة ، كما سبق وفي كل طرق إزالة العسرة بالجير على البارد ، فإنه ينتج انخفاض في كمية السيلكا ، نتيجة لتأثير الحرارة ، وترسيب الحمأة وترسيب هيدروكيد الماغنسيوم .

طريقة الجير والصودا على الساخن

تتم هذه العملية عند درجة حرارة قرب الغليان للماء . وهذه الطريقة تستخدم أساساً (كلياً) لتغذية مياه الغلايات.

والتفاعلات التي تتم بين الجير والصودا مع الاملاح الموجودة في الماء هي نفس التفاعلات في طريقة الجير والصودا على البارد .

وأهم مميزات المعالجة على الساخن الآتى :-

١ - تتم التفاعلات بدرجة أسرع من الطريقة الباردة .

٢ - تتم عملية ترسيب المواد المترسبة بسرعة أكبر .

٣ - تتم إزالة جزء من الأكسجين الذائب .

٤ - تتم إزالة جزء من السيلكا على هيئة سليكات الماغنسيوم .

٥ - تقل درجة العسر بصورة أفضل نتيجة إنخفاض الإذابة لكل من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم عند درجات الحرارة العالية .

والماء المعالج بطريقة الجير والصودا على الساخن تصل فيه درج العسر الى ٢٠ الى ٢٥ ملليجرام / لتر أما بقية العسر فيمكن أن يقل عند خفض درجة الأس الهيدروجيني من ١٠ إلى ١١ والماء المعالج بالجير والصودا يلزم أن يتبعه عملية الترشيح باستخدام فحم الانتراسيت (Anthracite Coal) لإزالة الندف المتكونة (Floc removal) ولا يفضل استخدام مرشحات الرمل لاحتمال زيادة نسبة السيلكا بتأثير المحلول القلوي الساخن للماء .

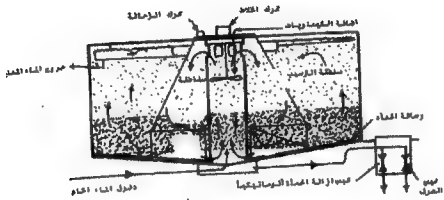
إلا أن طريقة الجير والصودا على الساخن قد بدأت تفقد جزء من تميزها وذلك للآتي :

أ - حجم وتكاليف الوحدة المطلوبة .

ب - إمكانية خفض درجة العسر الى صفر غير ممكنة .

وحالياً ، فإن طريقة التيسير بالجير والتي يتبعها المعالجة بالتبادل الكتيوني أصبحت تزداد أهمية وفي هذه الطريقة ، إن التيسير بالجير يخفض العسر المؤقت (القلوي) ، ثم أن الماء الناتج يتم تيسره الى درجة الصفر بواسطة التبادل الأيوني باستخدام المبادل الصوديوم الكتيوني (Sodium Cation . Exchanger) انظر صفحة (٨٨) .

وحيثما توجد طريقة الجير والصودا ، فإنه من الممكن تعديلهما الى طريقة المعالجة بالجير يتبعها وحدة إزالة الأملاح (demineralization) ويمكن أن يكون اختياراً أكثر اقتصاداً .

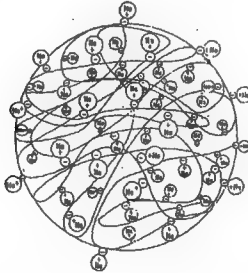


شكل (١٧) رسم توضيحي لطريقة إزالة العسرة الدائمة بالجير والصودا على البارد

إزالة العسر للإستخدامات الصناعية بإستخدام الزيوليت (المبادلات الايونية)

يتم إنتاج الماء الخالى من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم للإستخدامات الصناعية (Soft water) وكذلك الماء الخالى من جميع الأيونات (demineralised water) بإستخدام مواد تعرف بالزيوليت ، وهي عبارة عن بوليمرات تمتاز بوجود مجاميع فعالة قادرة على التبادل الأيونى مع الايونات السالبة والموجبة المسببة لعسرة الماء .

ولقد كانت أول مادة إستخدمت للتبادل الأيونى هي مادة طبيعية (Green sand) والصودا وكانت تعرف بالزيوليت وتركيبها الكيميائى هو سيليكات صوديوم وألمونيوم - ومع أن هذه المادة قد قل إستخدامها إلا أن أسم الزيوليت أصبح شائعاً لهذه العملية : وتستخدم حالياً مركبات عضوية مختلفة تختلف تماماً عن المادة الأولى فهي عبارة عن مركبات هيكليّة تحتوى علي الايونات المستبدلة ، كما في الشكل (١٨)



شكل (١٨) يبين نموذج من مادة التبادل الكتيونى يظهر فيها المراكز ذات الشحنات السالبة والتي تمسك بأيون الصوديوم .

وتتميز حبيبات الزيوليت بأنه عند مرور الماء العسر في مسامها يحدث تفاعل تبادلي بين الكالسيوم والمغنسيوم من ناحية والصوديوم الموجود في الزيوليت من ناحية أخرى فيتكون زيوليت الكالسيوم والمغنسيوم الذي لا يذوب في الماء بينما تذيب كبريتات الصوديوم التي لا تسبب عسراً للماء وتخرج معه .

ويستمر هذا التفاعل ما بين أملاح الكالسيوم والمغنسيوم من ناحية وزيوليت الصوديوم من ناحية أخرى إلي أن يتحول كل زيوليت الصوديوم إلي زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم .

زيوليت الصوديوم + كبريتات الكالسيوم \rightarrow كبريتات الصوديوم + زيوليت الكالسيوم .

ولقد وجد أنه يمكن إعادة زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم إلي زيوليت صوديوم ثانية وذلك بتمرير محلول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في مسام حبيبات زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم فيحدث تفاعل تبادلي ينتج عنه زيوليت الصوديوم ثانية الذي يبقى على شكل حبيبات كما هو بينما يذوب كلوريد الكالسيوم والمغنسيوم في الماء وتخرج معه وتسمى هذه العملية بعملية التنشيط أو إعادة الحيوية لمادة المرشح (Regeneration).

زيوليت الكالسيوم + كلوريد الصوديوم \rightarrow كلوريد الكالسيوم + زيوليت الصوديوم

بعض مميزات استخدام طرق التبادل الأيوني

- ١ - الماء المعالج له قابلية منخفضة لتكوين القشور .
- ٢ - طريقة المعالجة سهلة ويعتمد عليها ، كما أن طريقة التنشيط يمكن أن تتم أوتوماتيكياً ويتكاليف بسيطة .
- ٣ - مواد التنشيط مواد بسيطة ورخيصة وسهل الحصول عليها .
- ٤ - الميسرات (Softeners) متاحة بسهولة وذات كفاءة عالية .
- ٥ - الاختلاف في معدلات دفع الماء ، وإلى حد كبير ، ليست لها تأثير على جودة الماء .

أما حدود الميسرات فهي كالآتي :

- ١ - عملية المعالجة لا تؤثر علي القلوية والسيلكا ولا على محتوى الاملاح الذائبة في الماء .
- ٢ - الماء الخام المعكر والذي يحتوى على الحديد والأكسجين يمكن أن يفسد إلى حد ما التبادل الأيوني .
- ٣ - المواد المؤكسدة القوية مثل الكلور الموجود في الماء الخام يمكن أن يحطم الراتنج (مادة التبادل الأيوني) .

أنواع المبادلات الأيونية

تتكون المبادلات الأيونية من مجموعة نشطة ثابتة وأيونات متحركة مستبدلة (exchangeable) والتي تتبادل مع الايونات الموجودة في الماء والغير مرغوب فيها مثل أيونات الكالسيوم والمغنسيوم وتنقسم هذه المبادلات الأيونية حسب المجموعة النشطة إلى أربعة مجموعات كالآتي : -

١ - المبادلات الكتيونية شديدة الحامضية ويرمز لها بالرمز R^1 .

(Strong acid cation exchanger (SAC)) .

٢ - المبادلات الكتيونية ضعيفة الحامضية ويرمز لها بالرمز R^2

(Weak acid cation exchanger (WAC))

٣ - المبادلات الأنيونية شديدة القلوية ويرمز لها بالرمز R^3

(Strong base anion exchanger (SBA))

٤ - المبادلات الأنيونية ضعيفة القلوية ويرمز لها بالرمز R^4

(Weak base anion Exchanger (WBA))

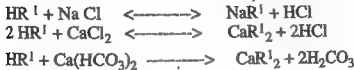
وراتنجات (Resins) المبادلات الكتيونية القوية وكذلك راتنجات المبادلات الأنيونية القوية تقوم بتحويل الأملاح المتعادلة إلى أحماضها أو قواعدها علي التوالي. وهذه القابلية تسمى انفصال الأملاح (Salt splitting) بينما راتنجات المبادلات ذات الحامضية أو القاعدية الضعيفة ليست لها هذه القدرة .

والمجدول (٥) يبين نوع الراتنجات ومكوناتها والمجموعة النشطة .

Use	Type	Ionic form	Active Group	Matrix
Cation Exchange Resins				
Sodium Softener	Strong	Na ⁽⁺⁾	SO ₃ ⁽⁻⁾ -Na ⁽⁺⁾	Cross-linked polystyrene with gel structure
Demineralization (Twin Bed)	Strong acid	H ⁽⁺⁾	SO ₃ ⁽⁻⁾ -H ⁽⁺⁾	Above
Dealkalization (mixed bed)	Strong acid	H ⁽⁺⁾	SO ₃ ⁽⁻⁾ -H ⁽⁺⁾	Cross-linked polystyrene with gel structure
Dealkalization	Weak acid	H ⁽⁺⁾	COO ⁽⁻⁾ -H ⁽⁺⁾	Cross-linked polystyrene
Condensate Polishing	Strong acid	H ⁽⁺⁾ or H ₂ ⁽⁺⁾	SO ₃ ⁽⁻⁾ -H ⁽⁺⁾	Cross-linked polystyrene macroporous structure
Anion Exchange Resins				
Reverse Demineralization (Twin bed)	Strong acid	OH ⁽⁺⁾	NR ³ ⁽⁺⁾ -OH ⁽⁺⁾	Cross-linked polystyrene isoporous gel structure
Demineralization (Twin bed)	Weak acid	OH ⁽⁺⁾	NR ³ ⁽⁺⁾ -OH ⁽⁺⁾ NR ³ ⁽⁺⁾ -OH ⁽⁺⁾	As above
Demineralization (Twin bed)	Strong acid	OH ⁽⁺⁾	NR ³ ⁽⁺⁾ -OH ⁽⁺⁾	Cross-linked polystyrene macroporous
Organic trap	Strong acid	Cl ⁽⁺⁾	NR ³ ⁽⁺⁾ -Cl ⁽⁺⁾	Macroporous polystyrene

١- المبادلات الكتيونية شديدة الحامضية (R¹)

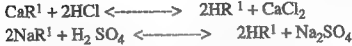
في هذه المجموعة ، فإن المجموعة النشطة الثابتة هي مجموعة حامض السلفونيك (SO₃ H⁺) ومجموعة الهيدروجين المرتبطة بهذه المجموعة متبادلة (exchangeable) يمكن أن تتبادل مع أي كتيون موجود في الماء (وتسمى دورة الهيدروجين) (Hydrogencycle) كم في المعادلات :



وراتنجات هذه المجموعة يتم تنشيطها باستخدام حامض معدني مخفف (٢٪/

إلى ٦ ٪ (بالوزن) من حامض الكبريتيك أو ٤ ٪ إلى ١٠ ٪ محلول مخفف
بالوزن من حامض هيدروكلوريك (HCl)

ودورة التنشيط كالاتي :

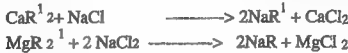


وفي حالة التنشيط باستخدام حامض الكبريتيك ، فإن كبريتات الكالسيوم
المتكونة يمكن أن تترسب على الراتنج وتجعله غير نشط .

والبدل لدورة الهيدروجين المذكورة أعلاه ، يمكن أن يستخدم راتنجات على
أساس أن يكون الأيون المستخدم أيون صوديوم (Na+) بدلا من الهيدروجين
(H+) وتسمى « دورة الصوديوم » وذلك كالاتي :



وتتم دورة التنشيط كالتالي :



حيث يستخدم للتنشيط محلول مخفف من كلوريد الصوديوم ١٠ ٪
بالوزن (١٠ ٪ w/w) وكفاءة التنشيط لراتنجات المبادلات ذات الحامضية
القوية من ٣٠ ٪ إلى ٤٠ ٪ وهذه المبادلات قد وجد أن لها مجال كبير
للإستخدام حيث تستخدم في دورة الصوديوم وفي دورة الهيدروجين للتيسير
وإزالة القلوية والكاتيونات (dealkalization and decationization)

٢- المبادلات الكتيونية ضعيفة الحامضية (R²)

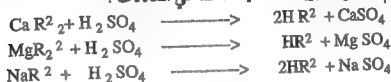
(Weak acid cation exchange Resins)

والمجموعة النشطة في المبادلات الكتيونية ضعيفة الحامضية (R²) هسي

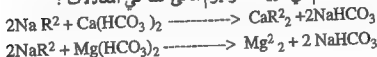
مجموعات الكربوكسيل (Carboxylic groups) وهى المجموعة الثانية ، وأن أيونات الهيدروجين (H^+) هى التى تتبادل مع أي كتيون موجود مع القلوى ، كما في المعادلات :



ويستخدم في التنشيط حامض الكبريتيك بتركيز من ٥ ٪ إلى ١٠ ٪ بالوزن أو محلول مخفف من حامض هيدروكلوريك ١٠ ٪ إلى ٢٠ ٪ بالوزن كما في المعادلات الآتية واحتمال أن كبريتات الكالسيوم يمكن أن تترسب جائز عند استخدام حامض الكبريتيك للتنشيط ، كما في المعادلات :



ويمكن أيضا أن تتم في دورة الصوديوم الآتى كما في المعادلات :



ودورة التنشيط هي كما في المعادلة :

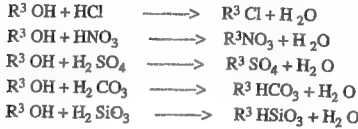


والمبادلات الكتيونية ضعيفة الحامضية لا تستخدم في حالة الأملاح المتعادلة ولا تعمل عند أس هيدروجيني أقل من ٥ . والاستخدام الأساسى هي عملية تيسير الماء (Softening) وكذلك إزالة القلوية (dealkalization) ، وعادة تستخدم مع راتنجيات المبادلات الكتيونية قوية الحامضية . وهذه المبادلات الضعيفة الحامضية ذات كفاءة تشغيل عالية جداً قد تصل إلى ٩٠ ٪ وتحتاج إلى جرعة صغيرة من الحامض لعملية التنشيط .

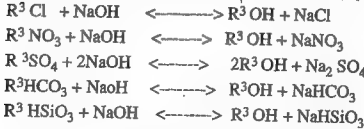
٢- المبادلات الأنيونية ذات القاعدة القوية (R^3)

(SBA) (Strong Base Anion Exchange Reins)

المجموعة النشطة في المبادلات الأنيونية ذات القاعدة القوية هي مجموعة أمونيوم (R^3+) ومجموعة الهيدروكسيد المرتبطة هي المجموعة القابلة للتبادل ويمكن تبادلها مع أي أنيون (anion) موجود في الماء . وهذه الدورة تعرف بدورة الهيدروكسيد ((hydroxy cycle) (OH^-)) ويتم إزالة كل الأحماض المعدنية كما في المفاعلات الآتية :



وكفاءة هذه التفاعلات حوالي ٣٠٪ إلى ٤٠٪ وتتم التنشيط باستخدام محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم (٤٪ بالوزن). في المعادلات الآتية:



وهذه يمكن أن تعمل أيضا في دورة الكلوريد (Chlorid cycle)



ودورة التنشيط تتم كما في المعادلة :



ومحلول التنشيط الواقعي يحتوى علي ١٪ هيدروكسيل صوديوم وكذلك ١٠٪ كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)

٤- المبادلات الأيونية ذات القاعدة الضعيفة (R^4)

(Weak Base Anion Exchange Resins) (WBA)

وفي هذه المجموعة ، فإن المجموعة النشطة الثابتة هي مجموعة الأمين الرباعية (Tertiary amino Groups) وهي مجموعة تستخدم أساسا لمعادلة الأحماض المعدنية وليس لها أي تأثير على الأحماض الضعيفة ، وعلي سبيل المثال حامض الكربونيك (Carbonic acid) وحامض السليسيك (Silicic acid) ويستخدم في تنشيط راتنجات المبادلات الأيونية ضعيفة القاعدة هيدروكسيل الصوديوم أو الصودا أش أو الأمونيا ويتم هذه العمليات كالآتي :



وتتم دورة التنشيط كالآتي



وراتنجات هذه المجموعة له قدرة للتنشيط أكبر من الراتنجات ذات القاعدة القوية وتستخدم في إزالة الأيونات تماما (demineralizers) مع راتنجات المبادلات ذات القاعدة القوية لتخفيض تكاليف التنشيط ، وحماية راتنجات المبادلات قوية القاعدة من التلوث بالمواد العضوية (Organic Fouling)

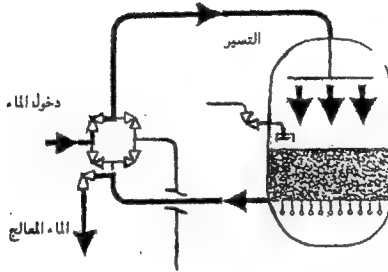
مراحل تشغيل المبادلات الأيونية

ومراحل تشغيل المبادلات الأيونية تتكون من عدد خمسة مراحل أساسية كالآتي :-

١- دورة التفاعل أو التشغيل (Reaction (Service) cycle)

وفي خلال هذه الدورة ، فإن الماء المطلوب معالجته يمر من أعلى إلي أسفل خلال طبقات الراتنج ، حيث يتم التبادل بين الايونات الغير مرغوب فيها والموجودة في

الماء مع أيونات الصوديوم أو الهيدروجين الموجودة في الراتنج (الزيوليت) حتي يتم أستنفاد الراتنج (أى الايونات المستبدلة) والشكل (١٩) يوضح هذه العملية .



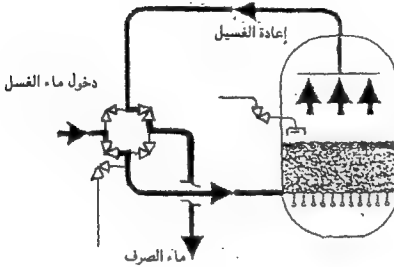
شكل (١٩) عملية التيسير (Softening)

حيث يمر الماء المطلوب معالجته من أعلى إلى أسفل خلال طبقات حبيبات الراتنج (الزيوليت) ليخرج نقياً خالياً من الأيونات الغير مرغوب فيها ومعدل الضخ للمعالجة من ١٢ إلى ١٥ م^٣ / ساعة .

٢- دورة إعادة الغسيل (Back Wash Cycle)

يتم إعادة غسيل الراتنج المستنفذ وذلك بضغط تيار من الماء من أسفل إلى أعلى . ومعدل ضخ الماء يكون كافياً لتقليب الراتنج وزيادة حجمه بحوالى ٥٠٪ . وليس بمعدل أكبر يجعل الراتنج يخرج مع الماء . وهذه العملية تعمل على تفكيك حبيبات الراتنج من بعضها بعد مرحلة التفاعل وإزالة أي رواسب مترسبة على الحبيبات وإعادة توزيع حبيبات الراتنج بانتظام . وماء إعادة الغسيل يخرج إلي

المجارى. والشكل (٢٠) كيفية تشغيل هذه المرحلة.

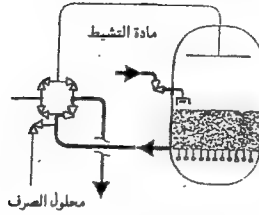


(شكل ٢٠ يبين كيفية إعادة غسيل الراتنج الزيوليت)

حيث يمر ماء إعادة الغسيل من أسفل إلى أعلى خلال طبقات الراتنج لتتم عملية تفكيك الحبيبات وإزالة المواد الصلبة العالقة أو المرسبة على الحبيبات أثناء عملية المعالجة . ومعدل ضخ الماء على البارد من ١٠ إلى ٢٠ م^٣ / ساعة ، أما على الساخن فيرتفع معدل الضخ من ٣٠ إلى ٣٧ م^٣ / ساعة .

٣- دورة التنشيط (Regeneration Cycle)

يتم ضخ كيماويات التنشيط بالتركيز المطلوب بمعدل منخفض فى اتجاه من أعلي إلى أسفل ويمر محلول التنشيط بين طبقات الراتنج حيث يتم استبدال الأيونات الغير مرغوب فيها والمرتبطة بالراتنج بأيونات الصوديوم أو الهيدروجين الموجودة فى محلول التنشيط . أما المحلول الناتج من هذه العملية فيتم التخلص منه والشكل (٢١) يوضح كيفية تشغيل هذه المرحلة .

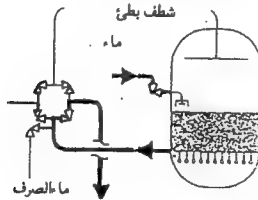


شكل (٢١)

يبين عملية تنشيط حبيبات الراتنج (الزبوليت) حيث يمر محلول مادة التنشيط خلال طبقات مادة الراتنج بمعدل وتركيز منتظم، ويتم ضخ المحلول بمعدل من ٤ إلى ٨ (م / ساعة) .

٤- دورة شطف بطيئة (Slow rinse cycle)

بعد عملية التنشيط يتم شطف الراتنج بتيار من الماء يتم ضخه من أعلى إلى أسفل . وكمية الماء المطلوب لهذه العملية تكون حوالى نصف كمية الراتنج . والشكل (٢٢) يبين خطوات تشغيل هذه المرحلة .

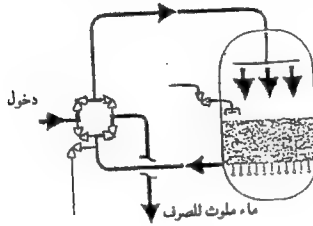


شكل (٢٢)

يبين عملية الشطف البطيء حيث يمر الماء خلال طبقات الراتنج ليحل محل محلول مادة التنشيط ليخرج إلي الصرف. ومعدل ضخ الماء من ٤ إلى ٨ (م^٣ / ساعة)

٥- دورة الشطف السريع (Fast Rinse Cycle)

يتم دفع تيار من الماء إلي أسفل لشطف بقايا محلول التنشيط من طبقات الراتنج وعملية الشطف السريع عملية هامة للتأكد من جودة الماء الناتج من المعالجة في المرحلة اللاحقة وهي دورة التفاعل . والشكل (٢٣) يبين خطوات تشغيل هذه المرحلة :



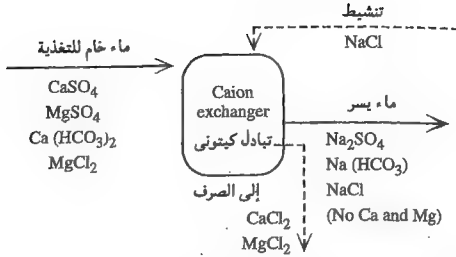
شكل (٢٣)

يبين دورة الشطف السريع حيث يمر ماء الشطف خلال طبقات الراتنج من أعلي إلى أسفل ليزيل أي آثار لمحلول مادة التنشيط ومعدل الضخ (١٢ م^٣ / ساعة)

التيسيز باستخدام زيوليت الصوديوم

(Sodium Zeolite Softening)

زيوليت الصوديوم أو المبادلات الكتيونية شديدة الحامضية) تستخدم في تيسير الماء ويستخدم أيضا محلول من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في تنشيط الراتنج. في هذه الطريقة لا يوجد أي تأثير نحو خفض محتوى الأملاح الذائبة أو القلوية والشكل (٢٤) يوضح هذه العملية :



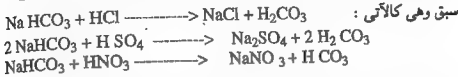
شكل (٢٤) يبين دورة زيوليت الصوديوم الكيتوني شديدة الحامضية حيث يتم إستبدال أيونات الكالسيوم والمغنسيوم الموجود في الماء - والمسببة للعسرة - بأيونات الصوديوم الموجودة في المبادلات الكيتونية كما يظهر أيضاً مادة التنشيط وهي محلول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) التي تقوم باستبدال أيونات الكالسيوم والمغنسيوم في المبادلات المستنفذة .

التيسر باستخدام كل من زيوليت الصوديوم وزيوليت الهيدروجين معا
(Sodium Zeolite / Hydrogen Zeolite Stream Softening)

في هذه العملية تتم علي أساس أن يعمل كل من زيوليت الصوديوم وزيوليت الهيدروجين جنباً إلى جنب بحيث يخرج الماء المعالج من كل منهما منفصلاً ثم يتم خلطهما معا للحصول على ماء معالج ذي القلوية المطلوبة. ويستخدم في هذه الطريقة نفس عمليات التشغيل السابقة وتتكون وحدات المعالجة من وحدة زيوليت الهيدروجين ووحدة زيوليت الصوديوم ووحدة التخلص من الكربونات (decarbonator) ووحدة لتنظيم عملية الخلط، كما في الشكل (٢٥) .

وفي هذه العملية ، تقوم وحدة تيسير زيوليت الصوديوم بتحويل عسر البيكربونات الى قلوى بيكربونات الصوديوم ، بينما تقوم وحدة التيسير بزيوليت الهيدروجين بتحويل الكبريتات والنترات والكلوريد إلى أحماضها المعدنية ، وبالتالي فعند خلط تيار الماء المعالج الخارج من كل وحدة بنسب معينة ، فإن

القلوية الموجودة في الماء المعالج بوحدة تيسير زيوليت الصوديوم يتم معادلتها بالماء الحامضي الناتج من وحدة زيوليت الهيدروجين والتفاعلات الآتية توضح ما



ومن المعادلات نجد أن الحامض الناتج من التفاعلات الثلاثة هو حامض الكربونيك (H_2CO_3) وهو حامض غير ثابت ، حيث يتحول إلي ثاني أكسيد الكربون والماء وغاز ثاني أكسيد الكربون المتكون يتم التخلص منه إما باستخدام وحدة إزالة الكربونات (decarbonator) أو وحدة التخلص من الغاز بالتخلخل (Vacuum degasifier). وللحصول على القلوية المطلوبة ، فيمكن احتساب نسبة الخلط باستخدام المعادلة الآتية :

$$\frac{(A_i - A_m \times 100)}{(A_i + \text{FMA})} = \text{نسبة الماء المعالج من وحدة زيوليت الهيدروجين}$$

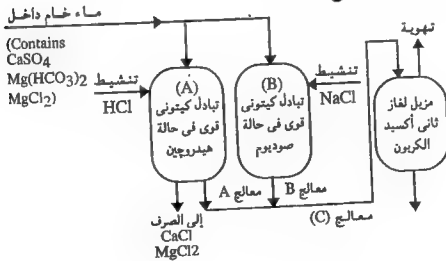
حيث أن : -

A_i = قلوية الماء

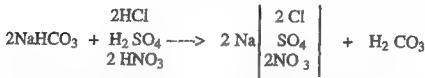
A_m = القلوية المطلوبة في الماء المعالج النهائي .

FMA = الحامضية الحرة الموجودة : (والتي تعتمد على الأملاح الموجودة سواء كان كبريتات أو نترات أو كلوريد) .

والشكل (٢٥) يوضح هذه العملية :

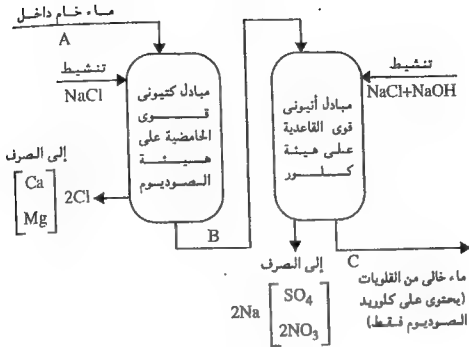


شكل (٢٥) يوضح دورة التنيسير باستخدام كل من زيوليت الصوديوم والهيدروجين ومن الشكل نجد أن الوحدة (A) تقوم باستبدال أيونات الكالسيوم والمغنسيوم (Ca^{++} & Mg^{++}) بأيونات هيدروجين ليحتوي الماء المعالج الناتج على الأحماض المعدنية المقابلة للأملاح وهي HCl , H_2SO_4 , HNO_3 .. ألخ أما في الوحدة (B) فيتم استبدال أيونات الكالسيوم والمغنسيوم بأيونات الصوديوم لتكوين أملاح الصوديوم الذاتية وهي بيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) وكلوريد الصوديوم ($NaCl$) وبيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$)... ألخ ويتم خلط الماء المعالج في الوحدة (A) مع الماء المعالج في الوحدة (B) حيث التعادل بين الاثنين كما في المعادلة الآتية :



إزالة القلوية باستخدام زيوليت الصوديوم مع الراتنجات الانيونية للكلور
(Sodium Zeolite / Chloride Anion Dealkalization)
في هذه الطريقة ، فإن الماء المطلوب معالجته يعالج خلال وحدة التنيسير باستخدام زيوليت كتيوني صوديومي (Sodium Zeolite softener) لإزالة أملاح الكالسيوم والمغنسيوم ، يلي ذلك المعالجة باستخدام راتنجات أنيونية شديدة القاعدية حيث تعمل على استبدال أيونات الكبريتات والبيكربونات والنترات بأيونات الكلوريد ، كما في الشكل (٢٦)
فعند معالجة الماء باستخدام وحدة زيوليت الصوديوم ، فإنه يحتوى على أملاح الكلوريد بدلا من الكبريتات والبيكربونات والنترات وعند مرور هذا الماء على وحدة إزالة القلوية (dealkizer) وهي وحدة المعالجة بالراتنجات الانيونية فيتم استبدال الأيونات الموجودة كما في المعادلات الآتية :





شكل (٢٦)

شكل (٢٦) يبين كيفية تشغيل الزيوليت الكيتوني الصوديومي مع الزيوليت الأنوني المحتوي على الكلوريد وفيه يظهر أن الماء الخام المغذي للوحدة (A) قد يحتوي على الكالسيوم والمغنسيوم للكبريتات والبيكربونات والتنتريت أما الماء المغذي للوحدة (B) فإنه يحتوي على كبريتات الصوديوم وبيكربونات الصوديوم وكذلك نتريت الصوديوم أما الماء الخارج (C) فإنه يحتوي على كلوريد الصوديوم (NaCl).

إزالة الأملاح الذائبة (القلوية) والمتأينة من الماء كليا

(Demineralization (Deionization)

وتعتمد درجة إزالة الأملاح الذائبة على الطريقة المستخدمة فالزئوليت الكيتوني الهيدروجيني يحول الأملاح الذائبة إلي أحماضها والزئوليت الأنوني بالتالي يزيل هذه الاحماض ويمكن استخدام الزئوليت الأنوني ضعيف للقلوية (SBA) وذلك حسب المعادلة الآتية :



ويتم تنشيط الراتنجات الكيتونية بحامض هيدروكلوريك أو حامض كبريتك ، أما الراتنجات الأنونية فيتم تنشيطها بمحلول قلوي مثل هيدروكسيد الصوديوم .

ووحدة التخلص من الاملاح كليا (demineralizer) تتركب من عمود زئوليت كيتوني شديد الحامضية وعمود زئوليت أنيوني شديد القاعدية يعملان على التوالي. وهناك العديد من التراكيب المختلفة من الراتنجات يتم تكوينها للحصول على الماء خالي من كل الاملاح تناسب الاستخدام المطلوب. وهناك أيضا مخلوط من الراتنجات الكيتونية والاتيونية يعملان معا في عمود واحد بوحدة التخلص من الأملاح ذات الطبقات المختلطة (mixed bed demineralizer) للحصول على ماء علي درجة عالية من النقاء ، ويمكن تلخيص طرق التخلص من الأملاح كالآتي:

١- التخلص من الأملاح الذائبة على مرحلتين (A two - Stage) باستخدام راتنج كيتوني شديد الحامضية (SAC) وراتنج أنيوني شديد القاعدية (SBA) في هذا التنظيم يتم التخلص من الأملاح المعدنية الذائبة وتشمل أيضا ثاني اكسيد الكربون والسليكا .

٢ - التخلص من الأملاح الذائبة على مرحلتين باستخدام راتنج كيتوني شديد الحامضية (SAC) وراتنج أنيوني ضعيف القاعدية (WBA) وهذا التنظيم يزيل الأملاح المعدنية الذائبة ولكن لا يزيل ثاني اكسيد الكربون أو السليكا .

٣ - خليط من المبادلات ، وهذا الخليط يزيل الأملاح المعدنية الذائبة ويشمل أيضا ثاني أكسيد الكربون والسليكا وينتج عنه ماء علي أعلى درجة من النقاء .

وكل الطرق المذكورة تستخدم في خلطات مختلفة وذلك للتخلص من الاملاح الذائبة وتعتمد على كمية الماء المطلوب معالجته ودرجة النقاء المطلوبة . ووحدات المعالجة متاحة بأحجام متعددة ، وكفاءة التشغيل في جميع هذه الوحدات عالية . ومن أهم مميزات عمليات إزالة الاملاح الذائبة (demineralization) يمكن تلخيصها في الآتي :

- ١ - خفض تكوين القشور وذلك بإزالة الأملاح الذائبة ، والتي تشمل السيلكا وهذه ذات أهمية خاصة في الغلايات التي تعمل عند ضغوط عالية .
 - ٢ - خفض الأملاح الذائبة الكلية (TDS) يخفض من عملية توفير الغلاية (blowdown) ، وهذا ينتج عنه وفر في الماء والكيمياويات المستخدمة .
 - ٣ - الحصول على ماء عالي درجة عالية من النقاء بالمقارنة بالماء الذي ينتج بالتقطير (distillation)
- والمجدول رقم (٦) يبين تأثير تكوين الماء المعالج بطرق التبادل الأيوني على خواص الماء الناتج .

جدول (٦) يبين مواصفات الماء بالنسبة للنوعيات المختلفة من المعالجة

إزالة الأملاح التأينة باستخدام خليط	إزالة الأملاح التأينة باستخدام (SBA)	إزالة الأملاح التأينة باستخدام (WBA)	إزالة القلوية Dealka - lization	تيسير يزوليت المصوديوم	ماء خام غير معالج	
أكثر من ١>	أكثر من ٢>	أكثر من ٣>	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	- مجموع الأملاح الذائبة “(TDS)ppm”
—	—	—	٤٠	أقل من ٥	٣٠٠	- العسر الكلي (ppm)
—	أقل من ٢	—	١٠	٢٧٠	٢٧٠	- القلوية (ppm)
—	—	—	٣٠	أقل من ٥	٣٠	- العسر الدائم (ppm)
—	—	—	٥	١٠	١٠	- كلني أكسيد الكربون
٧	٨,٤	٤,٥	٧,٥	٧,٧	٧,٧	- الأس الهيدروجيني (pH)
أقل من ٠,٥	أقل من ٢	٥	٥	٥	٥	- السيلكا

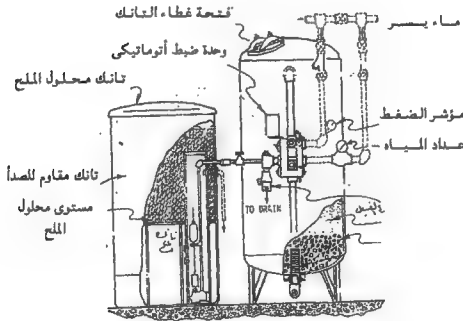
* Deionization : two - sage weak Base Anion.

** Deionization : two - stage Strong Base Anion

*** Mixed Bed Deionzation

مرشح الزيوليت (وحدة تيسير الماء)

ومرّشح الزيوليت يشبه إلى حد كبير المرشح الرملي السريع وهو أيضا يعمل إما بالجاذبية أو تحت ضغط كما في (الشكل ٢٧) والمرشحات التي تعمل بالانحدار الطبيعي تتكون من صندوق من مادة صماء مثل الخرسانة المسلحة أو الصلب وفي قاع الصندوق توجد شبكة من المواسير المثقبة تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بارتفاع ٣٠ سم طبقة من زيوليت الصوديوم بارتفاع ٢ متر أما النوع الثاني الذي يعمل بالضغط فيتكون من اسطوانة محكمة إما رأسية أو أفقية والاسطوانة في قاعها شبكة صرف المرشح يعلوها الزلط ثم طبقة زيوليت الصوديوم.



(شكل ٢٧) يبين وحدة تيسير الماء (water softener)

طرق إزالة الحديد والمنجنيز

تتوقف طريقة إزالة أملاح الحديد والمنجنيز على طبيعة وجودهما في الماء - ولذلك يستحسن عمل تجارب معملية على عينة من الماء لتقرير الطريقة المناسبة الفعالة - ومن الطرق المستعملة لهذا الغرض : إضافة الكلور ، مرشحات الزيوليت ، إضافة الجير ، إلا أن أهم هذه الطرق هو تهوية الماء ، ثم الترسيب والترشيح . وتستعمل التهوية بالماء لأكثر من غرض منها التخلص من الغازات الذائبة في الماء مثل غاز كبريتور الهيدروجين ، ثاني أكسيد الكربون وكذلك في إزالة الروائح من الماء . ويتم هذا بطريقة ميكانيكية دون تفاعل كيميائي لأية أملاح ذائبة في الماء إذ تطرد المياه مافيهها من غازات ليحل محلها الأكسجين وغيره من غازات الجو الذي لا تسبب طعاماً للمياه أما استعمال التهوية لإزالة أملاح الحديد والمنجنيز فيتضمن تفاعلاً كيميائياً بين أملاح الحديد الذائبة على هيئة أملاح الحديدوز (Ferrous salts) والأكسجين الجوي مما يحولها إلى أملاح الحديديك (Ferric salts) التي لا تلوّب في الماء مما يسهل ترسيبها أو ترشيحها . والأكسجين اللازم لإزالة مركبات الحديد في الماء هو ١٤ جزء من المليون لكل جزء في المليون من الحديد المطلوب إزالته - وتتوقف كفاءة عملية التهوية على مساحة السطح المائي الذي يتعوض للهواء وكذلك مدة بقاء هذا السطح معرضاً للهواء .

الفصل الثانى معالجة مياه المراجل Water Boiler Treatment

يعتبر استخدام الماء في المراجل البخارية المستخدمة لغرض التسخين أو توليد الماء المقطر من الاستخدامات الرئيسية للماء في الصناعة غير أن هذا النوع من الاستخدام يواجه العديد من المشاكل والصعوبات التى قد تؤدى أحياناً إلى كوارث صناعية كما هو الحال عند انفجار المراجل البخارية أو الأنابيب وذلك بسبب الترسيبات الكلسية التى تؤدى بدورها إلى ظاهرة فوق التسخين (super heating) حيث تترسب القشرة الكلسية من المياه الحاوية على البيكربونات والتى عند تسخينها تتفكك كالآتى :



مما يؤدى إلى انسداد شبكة الأنابيب الناقلة والمستخدمة في التبادل الحرارى كلياً أو جزئياً إضافة إلى ذلك فإن هذه الترسيبات الكلسية تقلل من كفاءة التبادل الحرارى للوحدة .

وقد تتكون ترسبات أخرى غير كربونات الكالسيوم مثل التراكيب القشرية المتكونة من كبريتات الكالسيوم وهذه الظاهرة مألوفة في المراجل البخارية ويرجع سببها إلى الاختلاف الكبير بين درجة حرارة سطوح التسخين والماء وزيادة سمك الطبقات القشرية المترسبة تقل قابلية التوصيل الحرارى أي تقل كفاءة التسخين لأن توصيلة الترسبات تقل عن توصيلة الحديد وعليه الحصول على نفس الكمية من البخار يحتاج الى رفع درجة الحرارة لتلافى النقص الحاصل في التوصيل وبسبب سوء التوصيل الحرارى بين المعدن والماء ترتفع درجة حرارة المعدن إلى حد قد تبلغ درجة حرارة ليونته وقد تتكون ترسبات أخرى من نوع السيليكات (Silicate scale) وهذه أكثر خطورة لأن توصيلها الحرارى منخفض جداً فإن ترسب طبقة من السيليكات بسمك 0.5 ر.سم تكون كافية لانفجار المراجل البخارية . والترسبات الأخرى المألوفة في الصناعة هي أكاسيد الحديد التى ترتبط عند النقاط الساخنة فتكون طبقة كثيفة من أوكسيد الحديد المغناطيسى (Fe_3O_4) الذى يؤدى أيضاً إلى خلل في المراجل البخارية وفي بعض الحالات يكون العزل

المحارر في المراحل البخارية ناجما بسبب إحاطة السطوح الداخلية للمرجل بطبقة زيتية حيث أن توصيلة الزيت منخفضة جدا إذ تبلغ ٠.٠٢ ر. من توصيلة الحديد إضافة إلى ذلك فإن تلوث مياه المراحل بالزيت تؤدي إلى صعوبات أخرى مثل تكوين الرغوة وغيرها .. عليه فإن المياه المستخدمة في المراحل يجب أن تجري عليها معالجات خاصة وأن تكون هذه المياه بمواصفات محددة. وتتم معالجة المياه المستخدمة في تغذية الغلايات على مرحلتين هما :

المرحلة الأولى : وتتم على الماقبل دخوله الغلاية وتجري عليه عمليات التنقية التي سبق ذكرها وهي مراحل إزالة العسرة والتهيسير والماء الخالي من الأيونات ومقاومة التآكل .

المرحلة الثانية : وتتم على مياه التغذية داخل الغلاية . فالمعالجات الخارجية قد لا تكون كافية تماما لنوعية الماء المغذى للغلاية ، لأن أى تسرب من الملوثات مع ماء التغذية - مهما كانت قليلة - فقد تؤدي إلى مشاكل كبيرة داخل الغلاية .

وفي هذا الجزء سوف نوضح الطرق المختلفة لمعالجة المياه داخل الغلايات وذلك بالطرق الآتية :

- ١ - منع تكوين القشور (Prevention of Scales)
- ٢ - منع التآكل أو الصدأ داخل الغلاية (Prevention of Corrosion)
- ٣ - منع التآكل أو الصدأ في خطوط مواسير الراجع

١- منع تكوين القشور داخل الغلاية

يتم منع تكوين القشور داخل الغلاية إما عن طريق منع الترسيبات بإستخدام بعض الأملاح وضبط الأس الهيدروجيني أو عن طريق إضافة مواد كيميائية إما أن تتفاعل مع الاملاح المسببة للقشرة مكونة مركبات معقدة ذائبة في الماء وتعرف بالمواد المخليبية ذات قاعدة عضوية (Chelant) أو أن تجعل أيونات هذه الاملاح المسببة للعسرة غير مؤثرة على طريقة تكوين مركبات معقدة معها وتعرف بالمواد المخليبية ذات الأساس الغير عضوي (Sequesterant) .

٢- منع التآكل في الغلايات

- وذلك عن طريق محاصرة الأكسجين (Scavenging Oxygen) .
- تكوين طبقات حماية علي جدار الغلاية .
- أن تكون المحاليل قلوية بالدرجة الكافية .

٣- منع التآكل في خطوط الراجع

- معادلة ثاني اكسيد الكربون .
- تكوين طبقات عازلة .

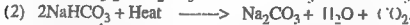
طرق منع ترسيب الأملاح المسببة للعسر داخل الغلايات

١- بالترسيب

عملية ترسيب القشور داخل الغلاية يمكن التغلب عليها إلى حد كبير بإستخدام الكربونات والفوسفات وذلك عن طريق ضبط جرعات المواد المستخدمة (الكربونات والفوسفات) التي تعمل على ترسيب المركبات الغير مرغوبة وذلك كالآتي :

١- الترسيب بإستخدام الكربونات (Carbonate Cycle)

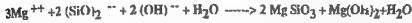
في هذا النوع من المعالجة يتم التحكم والحفاظ على قلوية محلول الكربونات في الماء الذي يحتوى علي مستوى كافى من أيونات الكربونات أو بيكربونات . وفي هذه الحالة فإن الأملاح المسببة للعسرة الموجودة في ماء التغذية يتم ترسيبها على هيئة حمأة حيث أن الكالسيوم يتم ترسيبه على هيئة كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم علي هيئة هيدروكسيد المغنيسيوم أو سيلكات المغنيسيوم وذلك عند وجود السيلكا في الماء. ويمكن توضيح ذلك بالمعادلات الآتية .



عند وجود السيلكا يتم التفاعل كالآتي :



إلا إن سيلكات الماغنسيوم لا توجد كذلك في حالة وجود تركيز عالى من الهيدروكسيد حيث تتفاعل مكونا هيدروكسيد الماغنسيوم الذى يترسب على هيئة حمأة كما فى المعادلة .



أما فى وجود تركيز عالى من السيلكا فى ماء الغلاية فإنه يتمص مكونة سريتين (Serpentine) $(3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ وهذا المركب سيكون حمأة ناعمة جدا وغير عالقة فى الغلاية . وكربونات الماغنسيوم تذوب نسبيا فى الماء ، لذلك ، نجد أن تكوين هيدروكسيد الماغنسيوم هو المطلوب حيث أنه أقل إذابة . سهل التخلص منه .

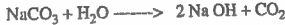
وتفضل طريقة الترسيب بالكربونات فى ظل العوامل الثلاثة الآتية :

١ - الضغط الذى تعمل عنده الغلاية أقل من ١٤ جوى (أو ٢٠٠ رطل على البوصة المربعة)

٢ - إن العسر فى ماء التغذية أكثر من ٧٠ جزء فى المليون .

٣ - أن القلوية الكلية تساوى أكثر من العسر الكلى .

وفى هذا النظام فإن كلا من كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) يجب أن يكونا متواجدين . وعند ضغط مرتفع فإن الكربونات تختفي نتيجة لتحويلها إلى الهيدروكسيد كما فى المعادلة :

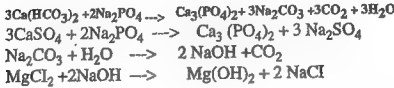


لذلك فإن نظام الكربونات غير مستحب عند الضغوط أعلى من ١٤ جوى (٢٠٠ رطل على البوصة المربعة) ، حيث أن ثانى أكسيد الكربون المتصاعد من تكسير الكربونات يمكن أن يسبب تآكل أو صدأ فى خطوط مواسير الراجع . وهذا الاحتمال يمكن أن يتزايد لو أن الصودا أش (كربونات الصوديوم) (Na_2CO_3) تتخذ كقلوى بدلا من هيدروكسيد الصوديوم .

والعيب الرئيسى فى هذه المعالجة هي كمية الحمأة الكبيرة المتكونة وكذلك كمية ثانى أكسيد الكربون المتصاعد من التفاعلات . لذلك فإنه يلزم إضافة بلمر

أو منظم لتكوين الحمأة ليحافظ على الرواسب في حالة معلقة لسهولة إزالتها من خلال فتحة التصريف . وهذا سوف يمنع ، على سبيل المثال ، كروونات الكالسيوم من الالتصاق علي الأسطح الساخنة وبالتالي تكوين القشور .

ب - الترسيب بإستخدام أملاح الفوسفات (Phosphate Cycle)
في هذه المعالجة ، فإن أملاح الكالسيوم تترسب على هيئة فوسفات أما أملاح الماغنسيوم فإنها تترسب على هيئة هيدروكسيدات أو سيلكات في وجود أيونات الأخير ، وذلك كالمعادلات الآتية :



ويراعى أن فوسفات الماغنسيوم عبارة عن حمأة لزجة ، لذلك فإنه يجب منع تكوينها بالمحافظة على تركيز القلوي إلي الفوسفات في الوسط المناسب .
ويستخدم أنواع مختلفة من الفوسفات ذات درجات مختلفة من القاعدية في معالجة ماء الغلايات ، حيث تشمل ثلاثي فوسفات الصوديوم (Tri Sodium Phosphate) ثنائي فوسفات الصوديوم (disodium Phosphate) وكذلك أحادي فوسفات الصوديوم (mono sodium phosphate) وهكسا ميتا فوسفات الصوديوم (Sodium hexa meta phosphate) وكذلك رباعي فوسفات الصوديوم (Tetra - Sodium phosphate) .

وتستخدم طريقة المعالجة بأملاح الفوسفات في الحالات الآتية :

- ١ - عندما يكون عسر ماء التغذية أقل من ٧٠ جزء في المليون .
 - ٢ - الضغط أعلى من ١٤ جوى (٢٠٠ رطل على البوصة المربعة) .
- وفي حالة أن يكون عسر الماء أعلي من ٧٠ جزء في المليون تكون هذه الطريقة غير اقتصادية ، حيث أن أعلي ضغط للمعالجة بالفوسفات هو ١٤ جوى (٢٠٠ رطل على البوصة المربعة) .

وعند الضغط الأعلى ، فإن العسر الكلى لمياه التغذية يجب أن لا يتجاوز ١٠ جزء في المليون ويستخدم أيضا منظم لترسيب الحمأة في المعالجة بالفوسفات للمحافظة على الرواسب عالقة .

٢- طرق إزالة العسرة بدون ترسيب (Non precipitating)

فى هذه الطرق ، يتم التخلص من الاملاح المسببة للعسر عن طريق التشابك معها وتكوين مركبات ذائبة فى الماء بالمواد المشابكة (Chelants) أو لمجمل أيونات الاملاح المكونة للعسرة أقل فاعلية عن طريق التفاعل معها وتكوين مركبات ذائبة فى الماء وتعرف بالمواد المخيلية (Sequesterant) وسوف نبين دور كل منها .

أ- المواد المخيلية (Chelants)

المواد المستخدمة كمواد مخيلية هى مواد عضوية مثل مادة أثيلين ثنائى الأمين رباعى حامض الخليك (EDAT)(Ethyrlne Diamine Tetra acetic acid) أو مادة نيترو ثلاثى حامض الخليك (NTA) (Nitrilo tri acetic acid) لها القدرة على إحتواء الأملاح المكونة للعسرة وتكوين مركبات معقدة ذائبة فى الماء وهذه المواد ثابتة عند الضغوط العالية .

ولكى تعمل هذه المواد جيدا ، فإن تركيز العسرة والضغط لما الغلاية يجب أن لا يتجاوز ١ ١/٢ جزء فى المليون والضغط (90 Bar) ١٣٠٠ رطل على البوصة المربعة) . ويلاحظ أن تكون الجرعة المضافة محسوبة جيدا وإلا تسببت فى صدأ الأجزاء الداخلية من الغلاية ، كما أن نقص الجرعة المناسبة يمكن أن ينتج عنها تكوين قشور . لذلك فإن تقدير الجرعة المناسبة يجب أن تكون محسوبة جيدا وتحت رقابة شديدة .

ومن مشاكل استخدام هذه المواد المخيلية هذه (chelant) أن الكمية التي يمكن أن توجد حرة داخل الغلاية فإنها - كما سبق ذكره تؤدي إلى التآكل للحديد. ولكي تقلل من هذه المشكلة ، فإنه يستخدم خليط من المادة المخيلية مع بلور والتي ينتج عنها خفض كمية المادة المتشبكة التي يمكن أن توجد حرة . وهذا الخليط يقلل تماما فرص تآكل الحديد، وبالتالي فإن المادة المخيلية يمكن أن تستخدم مع الفوسفات لمنع أي احتمال لتكوين صدأ مع أي كمية من المواد المخيلية توجد حرة . والمواد المخيلية (Chelant) غالية ويجب أن تضاف بعناية وحرص شديد خاصة أن طرق تعيين تركيزها صعب للغاية .

المادة المخليبية الغير عضوية (Sequesterant)

هى مادة مخليبية ولكن غير عضوية تعمل على جعل أيونات الأملاح المسببة للعسرة غير مؤثرة عن طريق الاشتباك معها وتكوين مركبات معقدة ، تجعلها معلقة في الماء . وهذه الطريقة مناسبة في حالة تركيز عسر الماء حتى ١٠ جزء في المليون وضغط حتى ٤١ جوى Barg (٦٠٠ رطل على البوصة المربعة) . والمادة المخليبية (Sequesterant) مواد مؤثرة جدا ، حيث أن واحد جزء في المليون من هذه المادة يمكن أن يحجز ١٠٠ جزء في المليون، من المواد المكونة للقشور في المحلول ، وبالتالي تحقق أقصى فائدة وفى نفس الوقت اقتصادياً . هذه المواد تستخدم بكثرة في عمليات صباغة الأقطان حيث تمنع هذه الايونات من الارتباط بجزء الصبغة وتسبب إنخفاضاً فى درجات الثبات .
ومن أمثلة هذه المواد بلمر الفوسفات :
(Polymer phosphates)، بولي أكريلات (Poly acrylates)، متعدد حامض المالك (poly malic acid).

الطرق الاخرى الإضافية لمعالجة تكوين القشور داخل الغلاية

هناك بعض الطرق الأخرى المستخدمة فى الحد من تكوين قشور داخل الغلاية وضبط القلوى والأملاح الزائدة، وكذلك التشقق الصوديومى والتطاير وذلك فيما يلي :

تهيئة الحمأة (Sludge conditioning)

هذا الاسم يرمز إلي المواد الكيميائية التي تمنع المواد الصلبة الموجودة في الغلاية لتكوين قشور فهي تعمل علي حفظ هذه المواد الصلبة على هيئة حبيبات دقيقة في حالة حركة مستمرة إلي حين التخلص منها في التفوير عن طريق تخوير في شكل المعلق وتطوير في البلورات والتحكم في نمو القشور .
وهذه المواد هى مادة التانين (Tannins) الطبيعية ، اللجنين (Lignins) والنشا .
وهذه المواد قد استخدمت منذ فترة طويلة لتهيئة الحمأة .
وهناك بلمرات مختلفة من أنواع مختلفة ، وهى أكثر فاعلية تستخدم حالياً في هذا المجال. وهذه المواد قد استخدمت منذ فترة طويلة كمواد لتهيئة الحمأة. وهذه البلمرات تشمل البولي أكريلات (Poly acrylates)، البولي سلفونات

(poly sulphonates)، والفوسفات العضوية (Organic phosphates) وهذه الكيماويات تستخدم كإضافة للطرق السابقة لتحسين أدائها .

التحكم في القلوية (Alkalinity Control)

يعتبر كل من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) و كبريتات الصوديوم المواد الأساسية المكونة للقلوية في الغلايات عند الضغط المنخفض . بعض أملاح الفوسفات تستخدم أيضا كقلوى للحفاظ على القلوية في الغلاية . والقلوية المضبوطة داخل الغلاية تعمل على ترسيب الأملاح المسببة للعسرة وكذلك تمنع الصدأ الناتج عن الأحماض . والأس الهيدروجيني المناسب لماء تغذية الغلاية من ٨.٥ إلى ٩.٢ إلا أنه في حالة وجود سخانات من النحاس فيفضل أن يكون الأس الهيدروجيني من ٩.٢ إلى ٩.٥ لتغذية الغلايات ذات الضغط المنخفض والمتوسط حوالي ١٥ جزء في المليون ولا تستخدم الصودا الكاوية في غلايات الضغوط العالية للأسباب الآتية :

أ - زيادة قلوية الهيدروكسيدات (Caustic Alkalinity)

ب - لا يمكن إستخدامها عند إستعمال مخفضات درجة الحرارة من النوع الرشاش في دوائر البخار حيث أن رش الماء المعالج بالصودا الكاوية داخل البخار المحمص لتخفيض درجة حرارته سوف يسبب ترسيبات قلوية داخل مواسير المحمص (super heater) وعلي ريش التربينات وتلف هذه الاجزاء من المحطة . ويوصى في محطات الكهرباء البخارية ذات الضغط الأعلى من ٩٠٠ رطل بوصة مربعة بأن تكون تركيزات الحديد والنحاس والنيكل مجتمعة في حدود ١٠ ر جزء في المليون مقدرة في مياه التغذية . ولكي يتحقق هذا الغرض فإن الرقم الهيدروجيني الـ (PH) لمياه التغذية يجب ألا يقل عن ٨.٥ عند درجة حرارة ٢٥٠°م بإستخدام القلويات المتطايرة .

التحكم في مجموع الأملاح الذائبة (Total Dissolved Solids) (TDS)

التحكم في مجموع الأملاح الذائبة ذات دلالة هامة في عمليات معالجة مياه تغذية الغلاية . والتحكم في حدود الـ TDS يعتمد علي ضغط تشغيل الغلاية ولكن هناك عوامل يجب أن توضع في الاعتبار بإتباعها عند ضبط مستوى

الـ TDS وهي

١ - خفض الـ TDS يمكن أن تقلل التفوير (blow down) وبالتالي الحفاظ على الطاقة .

٢ - الزيادة من المواد الصلبة الذائبة تزيد من حدة تكوين القشور .

٣ - زيادة معادلات الـ TDS تنشيط الصدأ نتيجة التوصيل الكهربى (conductivity) للماء .

٤ - الأملاح الذائبة يمكن أن تساهم أيضا في مشاكل الـ (Priming) الرغوة (Foaming).

منع تشقق الصودا (Prevention of Caustic Cracking)

للمحافظة على منع تشقق الصودا (Caustic Cracking) يجب اتخاذ اللازم نحو إتباع المفايس الآتية :

١ - الحفاظ على نسبة كبريتات الصوديوم إلى الصودا $1/2$: ٢ : ١ .

٢ - الحفاظ على نيترات الصوديوم إلى مجموعة القلوية (معبرة هيدروكسيد الصوديوم) بنسبة ٤ر : ١

٣ - المحافظة على وجود كمية كافية من المواد العضوية الطبيعية (التنين (tannins) .

٤ - المحافظة على القلوية في الغلاية بمعالجة الفوسفات المتطابقة وبالتالي منع إستخدام هيدروكسيد الصوديوم .

طرق التخلص من غاز الأكسجين في مياه الغلايات

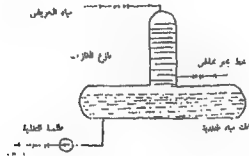
عملية إزالة الأكسجين الذائب في مياه تغذية الغلايات عملية هامة لمنع الصدأ داخل الغلايات وكذلك منع التشققات الناجمة عن الصودا أو الهيدروجين (Caustic or Hydrogen Cracking) ويتم ذلك ، إما حراريا أو كيميائيا .

١ - التخلص من غاز الأكسجين حراريا

يتم نزع غاز الأكسجين حراريا بإستخدام (الدياريتور) أو نازع الهواء (Dearator) وذلك بواسطة الحركة العكسية للماء القادم من أعلى إلي

أسفل والبخار الصاعد من أسفل إلى أعلى من خلال فوهات صغيرة تسمى فوانى (nozzles). ويؤدى مرور البخار خلال المياه بهذه الطريقة إلى كسر التوازن الديناميكي لمعدلات ذوبان الغازات فى الماء وخروج الغازات من الماء . وتؤدى زيادة سطح الماء الناتجة عن سقوطه من خلال الفوانى أو علي عوارض خشبية أو بلاستيكية أو مصنعة من راتنجيات أو سبائك خاصة إلي زيادة معدلات إنفصال الغازات من الماء .

يوضح شكل (٣٠) وسما مبسطة لنازع الغازات في محطة كهرباء بخارية.



شكل رقم (٣٠) نازع الغازات (الدياريتور)

وفي معظم الحالات فإن قدرة نازع الغازات (الدياريتور) على التخلص من الأكسجين الذائب تتراوح فيما بين ٩٩٪ إلى ٩٩.٩٤٪ من كمية الأكسجين الكلية فى مياه التعويض (Make up water). وعلى هذا الأساس فإن كمية الأكسجين المتبقى بعد التخلص الحرارى من الأكسجين بواسطة نازع الغازات (الدياريتور) قد تصل فى أحسن الفروض وأكفأها لتزغ غاز الأكسجين لكميات ضئيلة جدا من هذا الغاز .

ولكن بالرغم من ذلك فإن هذا التركيز المحدود جدا من غاز الأكسجين قد يكون كافيا فى معظم الأحوال لإحداث تآكل خطير في دوائر المياه والبخار فى المحطات البخارية . وقد وجد أن تركيز الأكسجين المتبقى بعد نازع الغازات (الدياريتور) يجب ألا يتجاوز ٠.٠٠٧ جزء فى المليون بعد المعالجة الحرارية .

٢- نزع الأكسجين كيميائياً (Chemical removal of oxygen)

يتم التخلص كيميائياً من الأكسجين الزائد بعد المعالجة الحرارية بواسطة نازع الغازات (الدياريتور) بإضافة كبريتيت الصوديوم (Sodium Sulphit) في خطوط التغذية للغلايات الضغوط المنخفضة أو مادة الهيدرازين (Hydrazine) في خطوط التغذية لغلايات الضغوط العالية (علماً بأن هذه المادة قد منعت من الاستخدام) أو التانين (Tannins).

(أ) استخدام كبريتيت الصوديوم (Sodium sulphite treatment)

يعتبر كبريتيت الصوديوم من أكثر المواد الكيميائية فعالية في التخلص الكيميائي من الأكسجين الذائب في خطوط التغذية لغلايات الضغوط المنخفضة والمتوسطة . وفي بعض المحطات البخارية قد يستخدم كبريتيت الصوديوم مباشرة في الغلاية على أن يحافظ دائماً على نسبة زائدة من كبريتت الصوديوم في درام الغلاية . فعند ضغط ٦٥ كجم / سم^٣ (حوالى ١٠٠٠ رطل / بوصة مربعة) يجب عدم زيادة نسبة كبريتيت الصوديوم الزائد عن ١٣ جزءاً في المليون مقدرة على أساس (SO₃⁼⁼) غير أن هذه الكمية قد لا تكون كافية للتأكد من خلو مياه الغلاية من الأكسجين في حالات تعرب الهواء أو الأكسجين إلى داخل مياه الغلاية مع مياه التغذية نتيجة لتلوث متكاثف التربينات البخارية أو متكاثف مسخن المياه المالحة في محطات التحلية . في هذه الحالة يجب إتخاذ علاج سريع يرفع نسبة كبريتيت الصوديوم وزيادة معدلات حقنها .

ويتم التفاعل بين كبريتيت الصوديوم والأكسجين الذائب في مياه التغذية أو مياه الغلاية طبقاً للمعادلة التالية



ويعتمد أساساً مكان حقن كبريتيت الصوديوم في دائرة المياه بمحطات الكهرباء البخارية على ضغط الغلايات . فيمكن أن تضاف المياه التغذية أو متكاثف التربينات البخارية أو مياه التعويض في غلايات الضغط المنخفض . ويقتصر استعمالها في غلايات الضغط العالي إن وجد على درام الغلاية .

وفي حالة إستخدام رشاش حرارى مائى للتحكم في حرارة البخار المحمص فإنه يجب عدم إستعمال كبريتيت الصوديوم إطلاقاً عند نقطة زيادة درجات الحرارة لمياه

الرشاش حيث إنه من مساوىء كبريتيت الصوديوم أنه قد يتحلل في المياه الساخنة بما فيها بالطبع مياه الغلايات وقد يتكون نتيجة لهذا التحلل غاز ثالث أكسيد الكبريت (Sulphur trioxide) الذى تزداد خطورته عند درجات الحرارة فوق ٣٢٧ م (٦٢٢ ف) نظرا لتكوينه لحامض الكبريتك عند أماكن التكثيف مما يسبب تآكل هذه الأجزاء من المحطة .
ويلاحظ أن إستخدام كبريتيت الصوديوم في مياه التغذية أو مياه الغلايات قد يؤدى إلى زيادة كمية الاملاح الكلية الذائبة فى هذه المياه .

(ب) إستخدام الهيدرازين (Hydrazine treatment)

استعمل الهيدرازين لأول مرة عام ١٩٥٠ لتزج الأكسجين الزائد في الماء بعد الديازيتور . والهيدرازين عامل مختزل قوى . وهو يتفاعل مع الأكسجين الذائب في مياه التغذية حيث ينتج من التفاعل غاز النيتروجين الحامل الذى يسحب من دائرة المياه بواسطة أجيكتور مكثف التريئة البخارية .



ويتضح من هذه المعادلة أن الهيدرازين قادر على إزالة الأكسجين الذائب في مياه التغذية بدون زيادة كمية المواد الصلبة الذائبة في هذه المياه بعكس كبريتيت الصوديوم الذى يزيد من نسبة الاملاح الذائبة في مياه التغذية ومياه الغلايات .
ويتحلل الهيدرازين الزائد عن حاجة التفاعل الموضح بالمعادلة رقم (١) تحللاً حرارياً في مياه الغلايات وينتج غاز الامونيا (Ammonia) ويحدث هذا التحلل الحرارى عادة عند درجة حرارة ٤٠٠ م° .



والأمونيا الناتجة من التحلل الحرارى (Thermal decomposition) للهيدرازين تتصاعد وتخرج من الغلاية مع البخار المنتج إلى المكثف حيث تذوب في مياه التكاثف . وهذا يساعد على حفظ الرقم الهيدروجينى الـ (pH) لمياه تغذية الغلايات ومكثفات التربينات البخارية دائماً في المجال القاعدى ويحافظ على معادلات القلوية الكلية لهذه المياه في حدود مواصفات التشغيل السليم مما يؤدى إلى سلامة خطوط البخار والمكثائف وخطوط مياه التغذية من التآكل .

ويتوقف التفاعل بين الهيدرازين والأكسجين الذائب في الماء علي عدة عوامل هي الزمن المتاح للتفاعل ودرجة الحرارة . وعادة يحقن محلول هيدرات الهيدرازين بعد نازع الغازات (الدياريتور) في خط مياه التغذية قبل سحب طلبمبات التغذية للغلايات بجرعة تعادل ضعف كمية الأكسجين الذائب في مياه التغذية بعد نازع الغازات مضافا إليها كمية زائدة من الهيدرازين وكافية لرفع الرقم الهيدروجيني لمياه التغذية في الحدود من ٨ إلى ٩ .

المميزات الأساسية للهيدرازين

١ - ينتج من تفاعل الأكسجين الذائب في الماء مع الهيدرازين وأيضا نتيجة لتحلل أو تفكك الهيدرازين حراريا مواد متطايرة قليل لتكوين محاليل قلوية في الماء ويتضح من ذلك أن هذه النواتج لا ترفع من قيمة تركيز المواد الصلبة الكلية الذائبة في الماء . وأيضا نظرا لقلوية المحاليل الناتجة عن ذوبان هذه المواد المتطايرة في الماء فإنها تحافظ على خطوط المواسير من التآكل وتقلل كثيرا من معدلات التآكل عند نقطة تكثيف البخار .

٢ - لا تحتاج المياه المكثفة المستخدمة في التغذية بعد ذلك إلى معالجة إضافية. ولقد وجد من الخبرة العملية أن المتكاثف يكون عادة في حالة توازن عند الرقم الهيدروجيني الـ (PH) الذي يتراوح فيما بين ٨.٥ إلى ٩.٥ ويمكن تحقيق ذلك بأن تحتوي مياه التغذية على كمية زائدة من الهيدرازين قبل دخولها إلى الموفر (economizer).

ويتم حقن محلول هيدرات الهيدرازين عادة بمعدل يساوي ضعف كمية الأكسجين الذائبة والنتيية في الماء بعد المعالجة الحرارية في الدياريتور بالإضافة إلى كمية إضافية من الهيدرازين لرفع قلوية البخار والمتكاثف ومياه التغذية تعادل ١٠ جزء في المليون، فعلى سبيل المثال ... إذا كان الأكسجين الذائب في مياه التغذية بعد الدياريتور ٠.٧ جزء في المليون فإن جرعة الهيدرازين. اللازم حقنها في مياه التغذية يجب أن تكون ١٤.٠ جزء في المليون هيدرازين. ويمكن حساب كمية الهيدرازين اللازم إستعمالها يوميا بحاصل ضرب جرعة الهيدرازين المحسوبة كما سبق أن وضعنا وكمية مياه التغذية التي تدخل إلى الغلاية يوميا .

غير أن جرعة الهيدرازين يمكن أن تزداد أو تنقص عن الرقم ١١٤ جزء في المليون طبقاً لاختلاف تركيز الأكسجين في مياه التغذية وإرتفاع أو إنخفاض الرقم الهيدروجيني الـ (pH) لهذه المياه وزيادة أو انخفاض تركيز الأمونيا الناتجة عن تحليل الهيدرازين الزائد حرارياً عند دخول مياه التغذية إلى الموفر (economizer) وعادة يقاس تركيز الأمونيا في مياه التغذية ، ويفضل أن يقاس في مياه متكاثف التربينات . ويجب ألا يزيد تركيز الأمونيا في متكاثف التربينات البخارية بأي حال من الأحوال عن جزء واحد في المليون (أمونيا) لأن زيادة الأمونيا تسبب تآكل سبائك (النحاس / والنيكل) المصنوع منها مواسير المكثف بصفة عامة .

وعلى هذا فإن التحكم في كمية الهيدرازين اللازم حقنها في مياه التغذية يتم بالتحكم في كمية الأمونيا اللاتية في مياه متكاثف التربينات البخارية .

٣ - التانين العضوي (Organic Tannins)

يستخدم التانين العضوي في التخلص من الأكسجين بجانب أنه مهميـة للحماة المتكونة في المبخـر ومنع ترسيبها . وعلى سبيل المثال، فإن حامض التانيك (pyrogalllic acid) يعمل كمزيل للأكسجين في الماء القلوي .
وأملـاح التانيـن سهلـة الاستعمال والاختبار . فيمكن تقدير فائض التانيك (tannic) بملاحظة لون ماء الغلاية، وحيث أنه عضوي فلا يؤثر على مجموع الأملاح اللاتية TDS.

وفيما يلي جدول (٧) مبين فيه مواصفات الماء في الغلايات عند الضغط المختلفة.

جدول (٧)

المواد الصلبة العائقة p.p.m	القلوية الكليّة p.p.m	مجموع المواد الصلبة p.p.m	البخار الخارج من الغلاية	
			بار	رطل/البوصة المربعة
٢٠٠	٧٠٠	٢٠٠٠	٥ - ٢٠	صفر - ٢٠٠
٢٥٠	٦٠٠	٢٠٠٠	٢١ - ٢٠	٢٠١ - ٤٥٠
١٥٠	٥٠٠	٢٥٠٠	٢١ - ٤٠	٤٥١ - ٦٠٠
١٠٠	٤٠٠	٢٠٠٠	٤١ - ٥٠	٦٠١ - ٧٥٠
٦٠	٢٠٠	١٥٠٠	٥١ - ٦٠	٧٥١ - ٩٠٠
٤٠	٢٥٠	١٢٥٠	٦١ - ٨٠	٩٠١ - ١٠٠٠
٢٠	٢٠٠	١٠٠٠	٨١ - ١٠٠	١٠٠١ - ١٥٠٠
١٠	١٥٠	٧٥٠	١٠١ - ١٣٣	١٥٠١ - ٢٠٠٠
٥	١٠٠	٥٠٠	١٣٤ إلى أعلى	٢٠٠١ إلى أعلى

وجداول (٨) يبين اختبار نظام التحكم في العسر على أساس عسر ماء التغذية وضغط الغلاية لكل وحدة حسب ظروف العسر والضغط. وهناك الاختيارات المتنوعة.

جدول (٨)

<i>Feedwater Hardness.</i>					
<i>ppm</i>	<i>< 50</i>	<i>150 - 300</i>	<i>300 - 600</i>	<i>600 - 900</i>	<i>900 - 1,200</i>
Always under 1.5	Sequestrant	Sequestrant	Sequestrant	Coordinated phosphate/pH	Coordinated chelan/pH
	Chelant / phosphate	Chelant / phosphate	Chelant / phosphate	Chelant / phosphate	Chelant / phosphate
1.5 - 10	Sequestrant phosphate	Sequestrant phosphate	Sequestrant phosphate	Requires softening to < 1.5 ppm	Requires deionizing
10 - 30	Carbonate phosphate	Requires softening to < 10 ppm	Requires softening to < 1.5 ppm	Requires softening to < 1.5 ppm	Requires deionizing
30 - 100	Carbonate	Requires softening to < 10 ppm	Requires softening to < 1.5 ppm	Requires softening to < 1.5 ppm	Requires deionizing
Over 100	Should soften carbonate	Requires softening to < 10 ppm	Requires softening to < 1.5 ppm	Requires softening to < 1.5 ppm	Requires deionizing

الفصل الثالث

تلوث البخار في المحطات البخارية

(Steam Contamination)

يجب أن يعطى لتلوث البخار أهمية خاصة لما يسببه هذا التلوث من أخطار جسيمة على معدات محطة الكهرباء البخارية وأيضاً على مواسير محطات التحلية إلى جانب عدم إمكانية استخدام التكاثر الناتج عن تكثيف البخار الملوث .

وللحصول على بخار على درجة عالية من النقاوة فإنه يجب أولاً منع تلوث البخار كلية من قطرات الماء التي قد تتصاعد إلى سطح التبخير (riming) وتحمل مع البخار من سطح التبخير نتيجة لإحتزاز الأحمال الكهربائية هزات فجائية .

ويؤدى فوران الماء وتكوين الرغاوى (Foams) في المبخرات والغلايات إلى تلوث البخار ، حيث يسبب الفوران والرغاوى تكوين فقاعات مائية على هيئة غشاء رقيق مستدير من المياه مملوء بالداخل بالبخرة وجزئيات الأملاح العالقة . وعند سطح التبخير تتفجر هذه الفقاعات طاردة الأملاح الموجودة بداخلها لتتصاعد ، محمولة مع البخار مما يسبب تلوثه .

حمل الأملاح مع البخار (Carry - Over)

يعرف حمل الأملاح مع البخار على أنه تلوث البخار بالأملاح من مياه المبخرات أو الغلايات وفي بعض التعريفات الأخرى يشمل هذا التعريف جميع شوائب البخار إلى جانب المواد التي قد تذوب في البخار عند درجات الحرارة العالية مثل أملاح السيليكون (السيلكا) .

وتختلف درجة التلوث الناتجة عن حمل الأملاح مع البخار تبعاً لإختلاف المياه المحمولة مع البخار كماً ونوعاً . وكانت تحدث هذه الظاهرة عادة في غلايات القاطرات البخارية (Locomotive Boilers) ولا تحدث عادة في الغلايات المستخدمة في الأغراض الصناعية . وإذا حدثت هذه الظاهرة في غلايات الضغط

العالي فإن ذلك بسبب أخطارا جسيمة على محمص البخار والتوربينات البخارية .

العوامل التي تؤثر على تلوث البخار

- ١ - المواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات .
- ٢ - التصنيف الكيميائي للمواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات .
- ٣ - المواد الصلبة المعلقة في مياه الغلايات .
- ٤ - ظروف تشغيل الغلايات .
- ٥ - تصميم الغلايات

١ - المواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات

للمواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات أهمية خاصة بسبب تأثيرها في نوعية الأملاح المحسولة مع البخار . ولهذا فإنه يوضع لكل تصميم معين لغلاية معينة شروط تشغيل خاصة بها وكمية قصوى للأملاح الذائبة فيها يجب ألا يسمح إطلاقا بتعديلها وإلا نتج عنه تلوث للبخار .

ويمكن المحافظة على كمية المواد الصلبة الذائبة أقل دائما من الكمية القصوى المحددة للغلاية وذلك بالتحكم في صمام التفوير المستمر من الغلاية . علي أنه يجب أن يلاحظ أن فقدان جزء من مياه الغلاية عن طريق التفوير المستمر يتسبب في فقدان كمية من الطاقة الحرارية وكيمائيات المعالجة . ولهذا فإنه يجب تفادي زيادة نسبة التفوير بنوع أن يكون هناك داع لذلك .

وعادة تستخدم في الغلايات والمبخرات مواد مانعة لفوران المياه وتكوين الرغاوى (Antifoam) وباستعمال هذه المواد يمكن السماح بزيادة تركيز الأملاح في مياه الغلاية إلى الحدود المسموح بها مع تفادي تلوث البخار والحد من كمية التفوير المستمر مما يقلل من الفقد في الحرارة والمواد الكيميائية . وتسمح هذه المواد بتحسين نوعية البخار المولد . وتستعمل هذه المواد على نطاق واسع في معالجة مياه البحر بطرق التقطير حيث تحقق جرعات من مانعات الرغاوى (Antifoam) في مياه تغذية المبخرات للحصول على جودة عالية للمياه المقطرة وذلك لأن هذه المواد

منع حمل الاملاح مع البخار .

ومن بين المواد التي لها تأثير مانع للفوران والرغاوى بعض الأحماض العضوية وزيت الخروع (Castor Oil) الذى يدخل في تركيب المركبات المستخدمة في منع الفوران . ومن خلال إختبار بعض المواد لمعرفة خواصها المانعة للفوران وجد أن أكثر المركبات فعالية هى تلك التي تحتوي على سلسلة طويلة من الاميدات (Amides) والجليكولات (Glycols). وهذه الجزيئات الكبيرة غير قابلة للذوبان في الماء وهي تلتصق بطبقة الغشاء المائي المحيط بالفقايع المائية للرغاوى وتعمل على سحب الماء من جدران الفقاعات مما يمنع انفجارها عند وصولها لسطح التبخير .

وهناك تحليل آخر لكيفية منع الرغاوى والفوران وهو أن هذه المواد تساعد على تقليل التوتر السطحي للمياه مما يؤدي أساسا إلي عدم تكون فقاعات المياه .

وفي الحالات التي يصعب فيها التحكم في فوران الماء لأن الاملاح المستولة عن هذه الظاهرة يزداد تركيزها بمعدل أكبر من المعدل الذي يمكن بواسطته معالجتها بإستعمال المواد المانعة للفوران وفي هذه الحالة فإنه يجب تخفيض تركيز الأملاح الذائبة بزيادة كمية التفوير المستمر (Blow Down)

٢- التصنيف الكيميائي للمواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات

للتصنيف الكيميائي للمواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات تأثير كبير على الأملاح مع البخار (Carry - Over) ولكن النتائج العملية المدونة تشير إلي عكس ذلك . فبينما تعمل الصودا الكاوية و كربونات الصوديوم على زيادة حمل الأملاح مع البخار إذا قورنت بالاملاح المتعادلة عند نفس التركيز إلا أنه لا يمكن تعميم ذلك . وحيث أن مياه الغلايات تحتوي على نفس النسب تقريبا من القلويات والاملاح المتعادلة فإن التحكم في حمل الأملاح مع البخار يمكن أن يتم بالتحكم في تركيزات المواد الصلبة الكلية الذائبة في مياه الغلاية بما فيها القلويات والأملاح المتعادلة .

ولقد كان يعتقد في وقت سابق أن وجود الصودا الكاوية في القطرات المائية المحمولة مع البخار يمثل شرطا أساسيا من شروط تكوين الرواسب . حيث يتم

تخفيف هذه القطرات المائية عند مرور البخار خلال مواسير المحمص تاركه وراءها أملاحاً صلبه . وكان يعتقد أنه في حالة عدم وجود الصودا الكاوية فإن هذه الاملاح الصلبة ليست لديها القدرة على الالتصاق بهذه الاسطح وتزيد من قدرة الاملاح الاخرى على الترسيب على طبقات الاملاح والرواسب السابق تكونها .

وزيادة تركيز الصودا الكاوية في مياه الغلاية تؤدي إلي ذوبان أملاح السيلكون وتصاعدها مع البخار وترسيبها على ريش التربينات .

ومن الناحية العملية فإنه يجب رفع الرقم الهيدروجيني للغلاية مع التحكم في قلوية مياه الغلاية بحيث لا توجد قلوية حرة للهيدروكسيدات .

٣- المواد الصلبة المعلقة في مياه الغلايات

يقصد بالمواد الصلبة العالقة بأنها تلك المواد التي يمنع ترسيبها بإضافة ثالث فوسفات الصوديوم . فالمواد المعلقة في مياه الغلاية تزيد من حمل الاملاح مع البخار ولكن هناك قصور كبير في المعلومات المعروفة عن تأثير المواد العالقة .

وينحصر تأثير المواد العالقة حالياً في أنها تزيد من الفوران وتعمل على تثبيت الرغواوى ويعتمد ذلك على الخواص الكيميائية للمواد المعلقة وحجم جزيئاتها ومساحة سطحها .

ولقد لوحظ باستمرار أن العوالق المتكونة حديثاً تعمل على زيادة الفوران أكثر من العوالق القديمة ويظهر هذه القرينة التي توضح التأثير الكمي للمواد المعلقة على عملية الفوران فقد حدث إختلاف في الرأي فيما بين الحقيقة الاولى والملاحظات والقرائن العملية أدى الى نشأة أبحاث كثيرة لأخذ تأثير المواد الصلبة المعلقة في الاعتبار ودراسة ما يترتب على هذا التأثير تمهيداً لوضع حدود قصوى للمواد الصلبة العالقة في مياه الغلايات . وعموماً فإنه يمكن التحكم في تركيزها بالتحكم في فتحة صمام التفوير المستمر للغلاية .

٤- ظروف تشغيل الغلايات

تؤدي التغيرات التي تحدث أثناء تشغيل الغلاية إلي حمل الأملاح مع البخار بالرغم من حفظ نسب وتركيزات هذه الاملاح أقل من المواصفات في مياه الغلاية .

فمثلا عند زيادة كمية البخار المنتج زيادة مفاجئة نتيجة للتغير السريع والمفاجيء في الاحمال الكهربائية (وخاصة الاحمال الاعلى) يمكن أن تؤدي إلى ظاهرة تعرف بظاهرة التخممة (Swelling) حيث تصبح المياه في درام الغلاية مملوكة ببقاعات صغيرة من البخار مما يؤدي إلى رفع منسوب المياه بالدرام وبالتالي دفع بعض محتويات مياه الغلاية للإختلاط بالبخار . ويحدث نتيجة لهذا التلوث الضخم للبخار كمية كبيرة من الترسبات في مواسير المحمص .

وعلى العكس من ذلك ما يحدث عندخفض كمية البخار المنتج خفضا فجائيا نتيجة لإنخفاض الاحمال الكهربائية إنخفاضاً مفاجئاً . فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض منسوب المياه في درام الغلاية وبالتالي زيادة حمل الاملاح مع البخار (Carry- Over) عن معدله الطبيعي عند منسوب الدرهم الثابت طبقا لتعليمات التشغيل وبالتالي فإنه أيضا يؤدي إلى تلوث البخار .

٥- تصميم الغلايات

من الطبيعي أن يكون لتصميم الغلاية تأثير ملحوظ على كمية الاملاح المحمولة مع البخار . ويمكن إعطاء أمثلة كثيرة على ذلك . فمثلا أماكن العوارض (Baffles) في درام البخار ودرام المياه لها أهمية كبيرة . وقد ثبت من الخبرة العملية أنه يجب تثبيت هذه العوارض بدقة لمنع تهريب المياه إلى اجزاء في الدرهم يسمح بإختلاطها مع البخار .

وفي نفس الوقت فإن تصميم الغلاية قد يتضمن وضع بعض المعدات التي تعمل على الأقلال والحد من تلوث البخار مثل حلزونات البخار وفواصل المياه ومعدات إزالة قطيرات الماء من البخار مثل معدات غسل البخار.

معالجة خطوط الراجع (Treatment for Condensate lines)

بعيدا عن الصدأ الذي يسببه الأكسجين ، فإن الصدأ الذي يسببه ثاني أكسيد الكربون يسبب مشاكل لخطوط تكثيف البخار . فثاني أكسيد الكربون يمكن أن يتكون من تفكك قلويات الكربونات أو بيكربونات عند درجات الحرارة العالية ، أو المركبات العضوية أو عند إستخدام الصودا أش ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$) .

وثاني أكسيد الكربون الذائب في شكل حامض كربونيك (Carbonic

acid) يسبب صدأ حامضى (تآكل حامضى) (Acidic Corrosion) ويمكن مقاومته عن طريق خفض الأس الهيدروجينى بالمعادلة بالامينات أو تكوين سطح غير قابل للبلل علي أسطح المعادن لمنع تلامس هذه الاسطح مع الماء المكثف الحامضى . وهذا سوف يتم شرحه فى الطرق الآتية :

١- إستخدام الامينات المعادلة (Neutraizing Amines)

لكي تقاوم التآكل أز الصدأ الناتج عن ثانى أكسيد الكربون تستخدم الامينات القابلة للتطاير لمعادلة حامضية الماء . ومن أمثلة هذه المواد المورفين (morphine) سيكلوهكسيل أمين (Cyclo hexylamine) ، داي ميثيل أمين إيثانول (di methyl amino ethanol) وكذلك مادة - 2 amino (AMPC methy propanol) وهذه المواد تستخدم للمحافظة على الاس الهيدروجينى للماء المتكاثف فى المجال ٧.٨ الي ٨.٥ .

وكل هذه الامينات متطايرة حيث تخرج مع البخار لتتكاثف وتذوب مع الماء (الراجع المتكثف). وحيث أن هذه قلوية ، فإنها تعادل حامض الكربونيك الموجود فى الماء .

ويمكن تقدير الجرعة اللازمة من حساب كمية ثانى أكسيد الكربون المتولدة نتيجة تحلل الكربونات وذلك للحفاظ على درجة الأس الهيدروجينى المناسب لتجنب الصدأ أو التآكل .

الامينات المكونة لطبقة حماية لمواسير الراجع

(Filming Amines)

هذه الامينات ، عندما يتم تغذيتها مع مياه تغذية الفلاية تتطاير مع البخار وتتكثف لتكوينه طبقة أحادية الجزيء (mono molecular Film) على خطوط مواسير الراجع وبالتالى ، تعمل على حماية هذه المواسير من تأثير الأكسجين وثانى أكسيد الكربون المكون للصدأ . ويستخدم من ١ إلى ٣ جزء فى المليون من الامينات النظيفة ، ولا تعتمد على تركيز الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون .

ويستخدم حاليا خليط من المركبات لتقوم بمعالجة كاملة لمياه التغذية داخل

الغلاية . وفى الواقع أن كل مادة كيميائية تؤدى عملها وفى نفس الوقت تساعد فى أداء دور آخر مع المجموعة ، والنتيجة أداء افضل كثيراً .

التحكم الأوتوماتيكي فى مواصفات مياه التغذية ومياه الغلايات

أسهمت التكنولوجيا الحديثة بقدر كبير من المعلومات التي ترتب على معرفتها الإسهام فى بناء أجهزة عديدة للتحكم الأوتوماتيكي فى مواصفات مياه التغذية ومياه الغلايات للحصول على تشغيل سليم وآمن بصفة مستمرة .

ويعتبر التوصيل الكهربائى (Electrical Conductance) (وهو مقلوب المقاومة) وسيلة سريعة للكشف عن الأملاح فى عينات المياه المختلفة . أما التوصيل النوعى (Specific Conductance) لعينة المياه فهو مقياس لقابلية هذه المياه لتوصيل التيار الكهربائى وهو يرتبط بالمواد الكيميائية الموجودة فى حالة تأين . ويمكن بواسطة جهاز واحد من أجهزة قياس التوصيل الكهربائى قياس وتسجيل التوصيل الكهربائى من حوالى ٢٠ نقطة فى دوائر المياه بالمحطة ويمكن أيضاً استخدام إشارات من جهاز قياس التوصيل الكهربائى فى تشغيل أنظمة إنذار أخرى أو تشغيل بعض المعدات فى دوائر المياه كظلمبات حقن الكيماويات فى الغلاية أو فتح صمامات التفوير المستمر من الغلاية البخارية .

ويمكن أيضاً زيادة حساسية الجهاز وقياسات التوصيل الكهربائى وذلك بإمرار عينه المياه خلال مبادل كاتيونى حامضى التنشيط (هيدروجينى) يوضع قبل جهاز التوصيل الكهربائى . وتعمل أيونات راتنج المبادل الأيونى على إزالة الأمونيا والمركبات الذائبة المتطايرة أو المتأينة وتحول جميع الأملاح الموجودة فى الماء إلى الأحماض المقابلة لها . فمثلاً تتحول الكلوريدات إلى حمض الهيدروكلوريك والكبريتات إلى حمض الكبريتيك الخ . ومن المعروف أن التوصيل الكهربائى للمحاليل الحامضية أكبر بكثير من التوصيل الكهربائى لأملح هذه الأحماض .

وتحدد العلاقة بين قراءات التوصيل الكهربائى (بالميكروموه) وتركيز المواد الصلبة المقابلة لها والذائبة فى الماء لكل وحدة على حدة بالتجربة العملية ، ويرسم

متحتني بياني يوضح هذه العلاقة .

ومع ذلك يمكن القول بالتقريب أن كل ١٠٠٠ جزء في المليون من المواد الصلبة الذائبة تكافئ توصيلاً كهربائياً مقداره ٧ ميكروموه (بعد الامرار علي مبادل كاتيوني) .

وفي حالات الغلايات التي تعمل بضغط أعلى من ٦٥ كجم / سم^٢ (حوالي ٩٥٥ رطل / بوصة مربعة) فإن التوصيل الكهربائي بعد إستخدام مبادل كاتيوني بالنسبة لمياه المتكاثف يكون عادة في الحدود ما بين ٢ - ٥ إلى ٥ - ١٠ ميكروموه . وتوضح القراءات الأعلى من ذلك وجود تهريب من المكثف أو وجود مواد دخيلة من أى مصدر آخر . والحل الحاسم لذلك يتطلب البحث عن مصدر هذا التهريب أو التلوث ووضع علاج سريع له .

ويقاس الأكسجين الذائب في الماء بعد طرد طلمبة المتكاثف أوتوماتيكياً وعند خروج المياه بعد نازع الغازات (الديباريتور) بجهاز كامبردج للتحليل الكهروكيميائي للأكسجين Electrochemical Oxygen Analyzer (Cambridge Electrochemical Oxygen Analyzer) وتبنى نظرية عمل هذا الجهاز على نظرية انتقال الغازات حيث يتم نزع الأكسجين الذائب في تيار من المياه المراد قياس نسبة الأكسجين فيها عند مرور هذه المياه خلال الجهاز . ويتم نزع الأكسجين بتيار آخر من غاز الهيدروجين ثم يمرر غاز الهيدروجين المحمل بغاز الأكسجين الذي تم نزعه من عينة المياه . ولا يؤثر في قراءات هذا الجهاز وجود المواد المتطايرة مثل الأمونيا والهيدرازين أو وجود بعض الشوائب غير المتطايرة مثل النحاس والحديد .

وفي الغلايات التي تعمل بضغط أقل من ١٢٠ كجم / سم^٢ (١٨٠٠ رطل / بوصة مربعة) يتم حقن كبريتيت الصوديوم في درام الغلاية للتخلص من الأكسجين بالإضافة إلي المعالجة بإضافة فوسفات الصوديوم والصودا الكاوية وفي حالة المعالجة بإضافة الفوسفات فقط .

بعض المواد المخلبة التي تستعمل في معالجة الماء وهي حمات
الصباغة انتاج شركات الصباغات والمواد المساعدة

١- شركة دكتور بومي - ألمانيا (Dr, Th. Bohme)

مادة ديلنول V.B (DELINOL V.B)

مادة مخلبية وناشرة تمنع الترسيب أثناء الغليان والتبيض وصباغة القطن الخام.
وهي مادة أنيونية (ANIONIC)

مادة دلتينول ٩٠٢٨ (DELINOL 9028)
مادة مخلبية تمنع ترسيب المعادن الثقيلة والسيلكا خاصة في عمليات الصباغة ذات طبيعة أنيونية (ANIONIC)

مادة دلتينول ٢١٠٠ (DELINOL 2100)
مادة مخلبية ذات أساس عضوى (CHELATING) وغير عضوى (SEQUESTERING) تستخدم في معالجة الماء خاصة للتخلص من الكالسيوم والمغنسيوم.
وهناك أيضاً مادة DELINOL DEM ومادة DELINOL لمنع ترسيب المعادن في الحمام الحامض وكذلك مادة ATECID ECS.

٢- شركة كلارينت (CLARIANT)
مادة لاديكويست ١٠٩٧ سائل (LADIQUEST 1097 E)
وهي مادة أنيونية لها قدرة عالية للارتباط بأيونات الكالسيوم والمغنسيوم وكذلك أيونات المعادن الثقيلة للحديد والنحاس والمنجنيز (Fe^{+++} , Cu^{++} , Mn^{++}) حتى في الوسط شديد القلوية (PH12) حيث يمنع تكوين الأملاح التي تسبب عمر الماء وبالتالي تساعد في الحصول على صباغة متجانسة كما أنها مادة ناشرة ممتازة.

مادة بلكسوفور ECO سائل (PLEXOPHOR ECO LIQUID)
مادة مساعدة لمنع التلوث ذات خصائص متميزة كمادة مخلبية (SEQUESTERING) لأيونات المعادن الثقيلة وأملاح القلوية (EARTH ALKALIS SALTS) أثناء معالجة جميع أنواع الخيوط حيث يزيل الأملاح المعدنية من الحامض ومن المحاليل السائلة يمنع ترسيب الأملاح الغير مرغوب بها.

الباب الخامس

طرق تحليل الماء

الباب الخامس طرق تحليل الماء

(Water Testing Methods)

طرق تحليل عينات من الماء سواء المعالج أو قبل المعالجة لمعرفة مكوناته عملية هامة جداً في العمليات الصناعية خاصة بالنسبة لماء تغذية الغلايات أو داخل الغلايات لتحديد الجرعة المناسبة للمعالجة وللتأكد أيضاً أن الماء المستخدم في التغذية يخضع للمواصفات المطلوبة .

كما أن القياس الدقيق لمكونات الماء الغير معالج ومكوناته يساعد على الحساب الدقيق لجرعة المواد الكيميائية المضافة . والجرعة الغير محسوبة جيداً يمكن أن ينتج عنها إما فاقد في استهلاك المواد الكيميائية أو معالجة غير سليمة وكافية وقد ينتج عنها مخاطر جسيمة كما سبق ذكره .

وفي هذا الجزء ، سوف يتم التركيز على طرق تحليل عينة من الماء لتحديد نوعيته ومكوناته وهي المعلومات اللازمة لمعالجة الماء أو لتحديد صلاحيته .

ومن أكثر الطرق المستخدمة في اختبار عينة من الماء هي الآتي :

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| ١ - الاختبارات اللونية | (Colorimetric Tests) |
| ٢ - القياسات الضوئية | (Photometric Measurements) |
| ٣ - الاختبارات التحليلية | (Analytical Tests) |

١ - الاختبارات اللونية (Colorimetric Tests)

الاختبارات اللونية هي اختبارات بسيطة وسهلة وهذه تعتمد علي تكوين لون في العينة المطلوب قياسها عن طريق إضافة مادة كيميائية معينة. ويتم قياس عمق اللون المتكون مع العينة المطلوب تعين تركيزها بالمقارنة بعينات أخرى ذات تراكيز معروفة إما علي هيئة سائل أو زجاج ملون أو دسكات بلاستيك ويعرف التركيز

مباشرة من العينات القياسية. ويتم ذلك بالنظر أو باستخدام أجهزة القياسات اللونية.

٢- القياسات الضوئية (Photometric Measurements)

طرق القياس الضوئي هي طرق قياس إلكترونية للضوء المار في العينة ويقوم بنفس الدور الذي يقوم به الاختبار الضوئي ولكن بدرجة عالية من الدقة . وجهاز القياس الضوئي يمكنه قياس أى اختلاف في تركيز اللون مهما كان بسيطاً لا يمكن ملاحظته بالعين المجردة . بجانب ذلك فإن من مميزات القياسات الضوئية عدم تأثرها بظروف الإضاءة . وتوجد أنواع كثيرة من أجهزة القياسات الضوئية متاحة في الأسواق .

٢- الاختبارات التحليلية (Analytical Tests)

تستخدم الاختبارات التحليلية لمعرفة التركيزات المختلفة باستخدام الطرق الكيميائية وهذه الطرق تحتاج إلى وقت طويل أو إمكانيات معقدة كما تحتاج إلى خبرة ومهارة عالية في الأداء . ولسهولة إجراء هذه الاختبارات بسهولة ويسر فقد تم إنتاج وحدات اختبار سريعة (Test Kits) تعتمد على طرق مبسطة لسرعة إجراء الاختبار وهذه الوحدات متاحة في الأسواق لاختبارات الماء بالنسبة لتعيين عسر الماء أو تركيز الحديد أو غيرها من الاختبارات .

وفيما يلي سوف نستعرض طرق أخذ وتحليل عينات من المياه الخام أو مياه تغذية الغلايات أو من داخلها وكذلك تحليل مياه الشرب والتي قامت بأعدادها شركة كيميكس للخدمات العلمية الصناعية - بالاسكندرية وتشمل الأتي :

١ - طرق أخذ العينة للتحليل .

٢ - طرق تعيين الأس (الرقم) الهيدروجيني (PH)

أ) العسر المؤقت (Temporary hardness)

ب) العسر الدائم (Permanent hardness)

- جـ - العسر الكلي (Total hardness)
٤ - تعيين المواد الصلبة الذائبة (Total dissolved Solids)
٥ - تعيين الأملاح الذائبة .
أ - الكلوريدات (Chlorides)
ب - الكبريتات (Sulphates)
جـ - الفوسفات (phosphates)
د - البرمنجنات (Permanganate)
هـ - السيليكات (Silicates)
و - الحديد (Iron)
٦ - تعيين الأكسجين الذائب في الماء .
٧ - تعيين ثنائي أكسيد الكربون الحر في الماء .

طرق اختبار عينة من الماء

Water Testing Methods

تحتاج طرق معالجة الماء الخام إلى اختبارات أولية لتعيين جودة الماء الخام قبل إجراء أى معالجات عملية . وبناء على هذه الاختبارات يتم تحديد الأسلوب اللازم للمعالجة .

كما أن الاختبارات الدقيقة لتعيين تركيز المواد الغير مرغوب فيها تساعد على حساب جرعات المواد الكيميائية اللازمة للمعالجة . وترجع أهمية ذلك إلى أن أى كميات مضافة زيادة عن المطلوب سوف تؤدي إلى استخدام مواد كيميائية بدون فائدة وهذه تعتبر تكاليف زائدة ، وإذا كانت كمية المواد المضافة غير كافية فإن هذا سوف يؤدي إلى حماية غير كافية للغلاية سوف يتبعه مشاكل كثيرة سبق ذكرها .

طرق إجراء الاختبارات المعملية

تحتاج عملية اختبار عينة من الماء إلى دقة في الاداء وخبرة في معرفة معرفة أسلوب إجراء الاختبار وطرق أخذ العينة حتى يمكن الحصول على نتائج دقيقة وبالتالي تصبح العمليات التالية سليمة . ومن أهم العوامل التي تساعد على ذلك هي طريقة أخذ العينة ، وتحضير المحاليل القياسية وكذلك دقة المعايير . وفيما يلي سوف نوضح إحدى هذه العمليات وهي عينة التحليل .

طريقة أخذ العينة

أ - الوعاء

يجب أن تكون الزجاجاة من البولي أثيلين كما يجب غسلها جيدا بحامض الهيدروكلوريك ثم تغسل بعد ذلك جيدا بماء الصنبور ثم بالماء المقطر أو المياه الذي سوف تؤخذ منه العينة .

كما يجب أن تكون السدادة أيضا نظيفة وغير ملوثة .

ب - الكمية

يتوقف حجم العينة المطلوبة على عدد التحاليل المراد تعيينها وبصفة عامة فإن ٢ لتر تكون كافية لتقدير التحاليل المطلوبة .

جـ - العينة

يجب أن يؤخذ في الاعتبار أولا العينة المأخوذة يجب أن تكون عينة ممثلة بقدر الإمكان ، كذلك قبل أخذ العينة يجب غسل زجاجة العينة مرتين أو ثلاثة بمياه العينة المراد تجميعها . كما يجب غسل المواسير المأخوذة منها العينة وذلك عن طريق ترك حنفيات هذه المواسير فترة من الوقت .

كذلك عند تجميع عينة من المياه الساخنة تحت ضغط كما في حالة مياه الغلايات . وللوصول إلى نتائج دقيقة فإنه من الواجب تبريدها أولا حتى ٢٠ أو

أقل وذلك عن طريق بلف تبريد كما يجب إغلاق الزجاجاة فوراً حتي تقلل من أو تغيير يحدث للعينة كما أنه في بعض الحالات الخاصة مثل الأكسجين أو ثاني أكسيد الكربون فإن الرعاء يجب أن يملأ حتي نهايته تماماً وذلك لتجنب امتصاص غازات الأكسجين وثاني أكسيد الكربون من الجو . كما يجب تحليل هذه العينات بدون تأخير ومن المستحسن تحليلها وفي نفس مكان العينة مع وجوب أخذ بعض الاحتياطات الخاصة كما سيذكر في أخذ عينة الأكسجين فيما بعد .

أما في حالة أخذ العينة من خزان أو ترعة أو نهر فتغمس الزجاجاة وهي مغلقة . بعد غسلها بالعينة عدة مرات ثم يتزع الغطاء منها وعندئذ سوف تدخل المياه إلي الزجاجاة حتي تملأها . وبعد ذلك تغطي الزجاجاة بالغطاء التنظيف والمغسول عدة مرات مع ترك جيز صغير فارغاً فوق العينة .

ونظراً لاختلاف مكونات المياه من وقت إلي آخر وخاصة بالنسبة للمواد العضوية والمواد القابلة للتأكسد أو للتحليل وكذلك الغازات الذائبة فإنه من المستحسن أن تحلل العينات دورياً مع مراعاة تحليل العينة بعد جمعها مباشرة قدر الإمكان وخاصة بالنسبة للعينات ذات التلوث العالي .

ملحوظة :

في جميع التحاليل يستخدم حجم متساوي وهو ١٠٠ مل من العينة وذلك لسهولة الحسابات - إلا إذا ذكر خلاف ذلك .

١- قياس الأس الهيدروجيني (الرقم الهيدروجيني) (pH)

الأس الهيدروجيني (أو الرقم الهيدروجيني) هو دلالة عن حامضية المحلول أو قلويته ، وهذا الرقم يبدأ من ١ وينتهي عند ١٤ ، حيث أن الوسط الحامضي يبدأ من الرقم ١ ويتدرج الرقم من ١ إلي الرقم ٧ وأن الرقم ٧ يعني وسطاً شديداً الحامضية ثم تنقل تدريجياً حتى تصل إلي الوسط المتعادل عند رقم ٧ . ثم تبدأ القلوية من ٧ إلى ١٤ حيث تزيد القلوية تدريجياً حتى تصل أقصى قلوية عند الرقم ١٤ .

والطرق التي تستخدم لقياس الأس الهيدروجيني لعينة من الماء تنقسم إلي الآتي :

١ - باستخدام ورق الكاشف (Indicator paper) أو الرقم الهيدروجيني (pH - paper) .

٢ - باستخدام جهاز قياس الأس الهيدروجيني (pH - meter) ، حيث يزود الجهاز بتعليمات التشغيل .

ويتم أولاً معايرة الجهاز تبعاً للتعليمات المرفقة وباستخدام أحد المحلولين المزود بهما الجهاز . المحلول الأول حامضي والأس الهيدروجيني له ٤ (pH4) ، والمحلول الآخر قلوي والأس الهيدروجيني له (PH9.2) .

عند قياس عينة من الماء ، يستبدل محلول المعايرة بالعينة المطلوب تعيين الأس الهيدروجيني لها وذلك بعد شطف خلية الجهاز (Cell) بمحلول العينة جيداً . ويعين بعد ذلك الأس الهيدروجيني للعينة .

٢ - قياس القلوية (Alkalinity)

تعزى القلوية في الماء أساساً إلى وجود هيدروكسيدات (Hydrxides) المعادن ، وكذلك قد ترجع إلى وجود - ولكن بقدر أقل - البورات (Borates) والسيليكات (Silicates) والفوسفات (Phosphates) المعادن .

ويتم تعيين القلوية عن طريق معادلة العينة بمحلول قياسي بحامض قوي وباستخدام دليل الفينول فيثالين للدلالة عن هذا الجزء من القلوية الناتج عن الهيدروكسيدات ونصف الكربونات . أما في حالة استخدام كاشف الميثيل البرتقالي (Methyl Orange) لقياس القلوية ، فإنه يقوم بتعيين القلوية الكلية وكذلك عن هذا الجزء من القلوية ينقسم إلى نوعين كالآتي :

أ - قلوية الفينول فيثالين P - Value

ب - قلوية الميثيل البرتقالي M - Value

أ - طريقة قياس قلوية الفينول فيثالين P- Value

يستخدم في إجراء هذا الاختبار الكواشف والمحاليل القياسية الآتية :

١ - حامض هيدروكلوريك ١٠ / ١ عياري .

٢ - دليل الفينول فيثالين .

طريقة إجراء التجربة

١ - يؤخذ ١٠٠ مل من عينة الماء في دورق مخروطي ونضيف إليها من دليل الفينول فيثالين .

٢ - إذا لم يظهر اللون الأحمر ، فإن هذا يدل على أن قلوية الفينول تساوى صفر ، أما إذا ظهر اللون الأحمر ، فيتم معايرة محتويات الدورق مع حامض الهيدروكلوريك ١٠ / ١ عياري .

٣ - يتم تسجيل قراءة السحاحة ولتكن ح ١ مل تمثل قلوية الفينول فيثالين .

ب - القلوية الكلية (Total alkalinity)

ويتم تعيين القلوية الكلية باستخدام الميثيل البرتقالي (M - Value) ويستخدم الكواشف والمحاليل الآتية :

١ - محلول قياسي لحامض الهيدروكلوريك (HCl) ١٠ / ١ عياري .

طريقة إجراء التجربة :

١ - يوضع ١٠٠ مل عينة الماء المراد تحليلها في دورق مخروطي ونضيف إليها نقطتين من دليل الميثيل البرتقالي .

٢ - يتم معايرة محتويات الدورق مع حامض الهيدروكلوريك ١٠ / ١ عياري .

٣ - يتم تسجيل قراءة السحاحة ولتكن ح ٢ مل وتحسب القلوية الكلية M Value من قراءة ح ٢ .

ملحوظة :

يمكن وضع دليل الميثيل البرتقالي إلى العينة بعد تعيين P - Value ونكمل المعايرة .

٢- قياس العدد القلوى (Alkalinity number)

يتم تعيين الرقم القلوى من قلوية الفينيل فيثالين P - Value ، حيث أن الرقم القلوى يساوى عدد من حامض الهيدروكلوريك \times عيارى $\times ٤٠$
الرقم القلوى = ح $\times ١ \times ٤٠$

عسر الماء

(Water Hardness)

يعزى عسر الماء - كما سبق ذكره - إلى وجود أملاح الحديد الذاتية .
وينقسم العسر في الماء إلي نوعين هما :

أ- العسر المؤقت (Temporary Hardness)

ويعرف هذا العسر أيضا بعسر الكربونات (Carbonate hardness) ويرجع هذا العسر إلي وجود بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم ، كما أن تسمية العسر المؤقت ترجع إلي أن هذه الاملاح عند الغليان تترسب على صورة كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنسيوم ، وبذلك يزول العسر ، وذلك فى المعادلات الآتية :



وهذه الرواسب هى التى تسبب القشور (Scales) علي جدار وأوعية التسخين في الغلاية .

ب- العسر الدائم (Permanent Hardness)

ويعرف هذا العسر أيضا بعسر غير الكربونات (Non - carbonate hardness) حيث أنه يرجع إلي وجود أملاح الكالسيوم والمغنسيوم الدائمة الأخرى ، ماعدا

بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم وبصفة خاصة أملاح الكبريتات . وهذا النوع من العسر لا يزول بالغليان .

ج - العسر الكلي (Total hardness)

هو حاصل جمع العسر المؤقت والعسر الدائم .

٤ - تعيين العسر المؤقت « عسر الكربونات »

عسر الكربونات هو العسر الناتج عن وجود بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم في الماء ويتم تعيين العسر عن طريق معايرة عينة من الماء باستخدام محلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك ١٠ / ١ عيارى في وجود الكاشف الميثيل البرتقالي (Methyl Orange)

٥ - تعيين العسر الكلي في الماء (Total hardness)

العسر الكلي هو حاصل جمع العسر المؤقت والعسر الدائم ويتم تعيين العسر الكلي في الماء باستخدام مواد مخلبية أى مواد تعمل على الإمساك بالأيونات المسببة للعسرة وتجعلها معلقة في الماء . من المواد مواد تعرف (Chelating agent) وهو مواد عضوية تحمل مجموعتين من هذه الهيدروكسيد -OH (2- group) مع ملح الصوديوم وبذلك تكون ذائبة في الماء.

ومن هذه المواد مادة أثلين داي أمين رباعى حامض الخليك (Ethylene diamine tetra acetic acid) ويرمز لها بالرمز EDTA وتعرف تجارياً بمادة التيترا بلكس (Titrplex).

وهناك أيضاً مواد تعرف بالـ Sequestering agent وهي مادة مخلبية ذات أساس غير عضوي ومن هذه المواد مادة هيكساميتا فوسفات Hexametaphosphate .

تعيين العسر الكلي في الماء

الكواشف والمحاليل القياسية

أ - محلول التيترييلكس : III (Titriplex III).

محلول التيترييلكس III = درجة عسر ألماني «d» .

ب - المحلول المنظم للتيترييلكس III.

١ - يذاب ٨,٨ جم من كبريتات الزنك في لتر من الماء المقطر .

٢ - يذاب ٥٤ جم كلوريد الألمونيوم ، ٣٥٠ مل من أيذروكسيد الألمونيوم ، ٥٠ مل من محلول كبريتات الزنك ٨,٨ جم / لتر ثم نضيف إلي هذا المحلول ما يكافئ الـ ٥٠ مل كبريتات الزنك من محلول التيترييلكس III ونكمل حجم المحلول إلي لتر .

ج - دليل الميش (Mish indicator)

نضيف ١ر جم من أحمر الميثيل (Methyl Red) ، ٢ر٥ جم من اريكروم بلاك ت (Brio Chrome Black T) إلي ٧٠٠ جم من كلوريد الصوديوم ، يصحن المخلوط جيداً .

الطريقة :

١ - نضع ١٠٠ مل من عينة الماء المراد تحليله في دورق مخروطي نظيفة .

٢ - نضيف ١٠ مل من المحلول المنظم للتيترييلكس III بحوالي ١/٢ جم من دليل الميش .

٣ - عاير محتويات الدورق مع محلول التيترييلكس III وسجل قراءة المساحة فهي قسث درجة العسر الكلي بالدرجة الألمانية "d" .

ولسهولة إجراء هذه التحاليل بسرعة وسهولة ويسر ، فقد تم إنتاج كبسولات تحتوي على التيترييلكس المنظم وكذلك دليل الميش بحيث أن الكبسولة الواحدة تعطي درجة عسر ألماني .

العسر = درجة العسر $\times ١٧,٢$ = مجم / لتر

٦- تعيين المواد الصلبة الذائبة "Total dissolved solids"

يتم تعيين المواد الصلبة الذائبة في عينة من الماء باستخدام جهاز معامل التوصيل الكهربائي (Conductivity meter) وهو جهاز يعتمد على مقاومة المحلول للتيار الكهربائي ومبرمج لأعطاء القراءة مباشرة .
ولأجراء هذه الاختبار ، نأخذ عينة من الماء المطلوب تعيين الـ TDS ويتم معادلتها باستخدام محلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك (HCl) أو الأمونيا المخففة (NH_4OH) وباستخدام كاشف الفينول فيثالين .
وذلك في حالة أن تكون العينة غير متعادلة ثم بعد ذلك يوضع قطب الجهاز لتسجيل القراءة .

٧- تعيين الكلوريدات في الماء (Determination of chlorides)

أملاح الكلوريدات هي أملاح تذوب في الماء ، ويتم تعيينها باستخدام محلول من نترات الفضة - التي تذوب في الماء - حيث يتم تكوين ملح كلوريد الفضة وهو ملح لا يذوب في الماء ويعرسب علي هيئة راسب أبيض .

الكواشف والمحاليل القياسية

- أ - يحضر محلول ٣٥ر٥ / ١ عياري من نترات الفضة ، وذلك بإذابة ٧٨٥ر٤ جم من نترات الفضة في واحد لتر من الماء المقطر .
- ب - يحضر محلول من ٥٪ كرومات البوتاسيوم ، وذلك بإذابة ٥٠ جرام كرومات البوتاسيوم (Potassium chromate) في لتر من الماء المقطر .
- ج - يحضر محلول مخفف من حامض النتريك أو الكبريتيك .
- د - يحضر محلول مخفف من الأمونيا .

طريقة إجراء لاختبار

١ - يوضع ١٠٠ مل من عينة الماء المطلوب اختبارها في دورق مخروطي ويضاف إليها نقطتين من دليل الفينول فيثالين ، وعند ظهور اللون الأحمر يضاف قطرات من حامض النيتريك المخفف حتى نقطة التعادل - وهذا في حالة أن تكون العينة قلوية . أما في حالة أن تكون العينة حامضية ، يضاف بعض قطرات من محلول النشادر المخفف حتى نقطة التعادل .

٢ - يضاف نقطتين من محلول كرومات البوتاسيوم ٥ ٪ .

٣ - يتم معايرة محتويات الدورق مع محلول عيارى من نترات الفضة 0.035 عيارى ، حتى يظهر لون شوكلاتي خفيف .

٤ - يتم احتساب تركيز الكلوريدات من المعادلة الآتية :

تركيز الكلوريدات = عدد مل نترات الفضة $\times 10$ لتر مجم = مجم / لتر

٨- تعيين الكبريتات في الماء (Sulphates)

توجد الكبريتات في الماء علي هيئة كبريتات الكالسيوم والمغنسيوم وكبريتات الكالسيوم تلوب في الماء حتى ٢٠٠ ملليجرام / لتر بينما كبريتات المغنسيوم شديدة الاذابة في الماء وهما يمثلان العنصر الأساسى للعسر الدائم . ويتم تعيين الكبريتات في الماء عن طريق التعادل مع كلوريد الباريوم لتكوين كبريتات الباريوم التي تترسب .

ويستخدم في تعيين الكبريتات في عينة الماء الكواشف الآتية :

١ - حامض هيدروكلوريك مخفف بنسبة ١ : ١ وذلك عن طريق إذابة ٥٠٠ من الحامض المركز (كثافة النوعية ١.١٥ - ١.١٩) إلى واحد لتر بإستخدام الماء المقطر .

٢ - محلول كلوريد الباريوم ($BaCl_2 - H_2O$) في كمية من الماء المقطر ثم يتم تخفيفه مرة أخرى واحد لتر . يرج المحلول جيدا ويتم ترشيحه إذا كان المحلول عكراً .

الطريقة

- ١ - يوضع ٢٠٠ مل العينة في كأس سعة ٤٠٠ مل .
- ٢ - يضاف نقطتين من دليل المثيل البرتقالي ثم يعادل المحلول بمحلول حامض الهيدروكلوريك (١ : ١) ثم يضاف ٣ مل ٣ زيادة من الحامض .
- ٣ - يسخن المحلول لدرجة الغليان ثم يضاف ١٠ مل من محلول كلوريد الباريوم نقطة نقطة وتستمر في الغليان عدة دقائق .
- ٤ - يترك الكأس حتى تترسب سلفات الباريوم . ثم يرشح المحلول خلال ورق ترشيح خالي الرماد (Ashless F.P) ثم يغسل الراسب جيدا بالماء الساخن حتى يتم التخلص من الكلوريدات .
- ٥ - يوضع ورقة الترشيح في جفنة صينية موزونة ثم يضعها علي اللهب الهاديء حتى تجف ثم يتم حرقها برفق حتي تتفحم ثم نكمل الحرق حتى تحترق الورقة تماما ويصبح لون الرماد أبيض .
- ٦ - توضع البوتقة في مجفف ثم توزن البوتقة وبها كبريتات الباريوم المترسبة وفيها يتم تعيين وزن كبريتات الباريوم .

$$\text{كمية الكبريتات (SO}_4^{--}\text{)} = \frac{\text{وزن كبريتات الباريوم (جم)} \times 1.15 \times 100}{\text{حجم العينة بالمل} \times 200}$$

ملحوظة :

يجب أن لا تحتوي العينة على آثار من السيليكا أو الحديد أو الألومنيوم ، وأن وجدت يتم التخلص منها أولا .

٩- تعيين المواد العضوية

ترجع أهمية تعيين المواد العضوية في الماء بالنسبة لمياه تعويض الغلاية ذات الضغط المرتفع من ٨٠ إلى أعلى ضغط جوي / ١ سم ٢ حيث أن أى آثار مواد عضوية في العينة سوف يتحلل تحت الضغط المرتفع مكونا ثاني أكسيد الكربون. ويتم تعيين المواد العضوية الموجودة في الماء وذلك باستخدام محلول من البرمنجنات ويستخدم في ذلك الكواشف والمحاليل الآتية :

- ١ - محلول ١٠ / ١ عيارى برمنجنات البوتاسيوم .
- ٢ - محلول ١٠ / ١ عيارى من حامض الاوكساليك (Oxalic acid)
- ٣ - محلول مخفف من حامض الحامض الكبريتك بنسبة ١ : ٣ بالحجم .

طريقة إجراء الاختبار

- ١ - يوضع ١٠٠ مل من عينة الماء المراد تحليله فى دورق مخروطى ثم نضيف إليها ، مل من حامض الكبريتيك المخفف ، ثم يضيف إليها ٢٠ مل من محلول البرمنجنات العيارى (١٠٠ / ١ ع) .
- ٢ - يتم الغليان لمدة عشر دقائق ثم نضيف كمية من الماء المقطر لتعويض الجز المفقود نتيجة التبخير .

- ٣ - نضيف ٢٠ مل حامض اوكساليك العيارى (١٠٠ / ١ ع) .

- ٤ - نضع في دورق مخروطى آخر ١٠٠ مل ماء مقطر ونضيف اليه نفس المحاليل ونضعه في نفس ظروف الغليان والزمن وذلك ليكون الضابط (Blank).

- ٥ - نعاير محتويات الدورقين بمحلول عيارى (١٠٠ / ١ ع) من برمنجنات البوتاسيوم ونسجل عدد المليمترات (١٠٠ / ١ ع) برمنجنات البوتاسيوم المستخدمة في كل حالة ونحسب كمية البرمنجنات المستهلكة وذلك كالآتي:

البرمنجنات المستهلكة = (عدد المليمترات ببرمنجنات البوتاسيوم - الضابط) $\times ١٦$ ر مجم / لتر

ملحوظة

في حالة استخدام عينة من الماء بعد الصرف أو مياه المجاري يستخدم ٥٠ مل من العينة فقط .

١٠- تعيين السليكا في الماء "Determination of Silica"

السليكا هي مادة غير مرغوب فيها عند التركيز العالي في ماء التعويض في الغلايات.

ونظرا لأهمية عدم تواجدها في مياه تغذية الغلايات ، فإنه يلزم تحديد تركيزها تماما لإمكانية تحديد المعالجة اللازمة للتخلص منها .

ويستخدم في تعيين السيليكا في الماء الكواشف والمحاليل الآتية :

١ - محلول موليبdates الأمونيوم $(\text{NH}_4)_6 \text{MO}_7 - 24 \text{H}_2\text{O}$

نذيب ٥ مل من محلول موليبdates الأمونيوم في ٨٠ مل من الماء المقطر الدافئ ، ثم نضيف ٢.٨ مل من حمض الكبريتيك المركز . ثم نكمل حجم المحلول إلى ١٠٠ مل مع ملاحظة عدم تكوين أي راسب . ونحضر المحلول باستمرار .

٢ - حمض الستريك ١٠٠ / لتر

يذاب ١٠٠ جم من حمض الستريك $(\text{H}_3 \text{C}_6 \text{H}_5 \text{O}_7 \text{H}_2\text{O})$ في لتر من الماء المعاد تقطيره .

٣ - حامض الهيدروكلوريك المركز :

يستعمل حامض الهيدروكلوريك المركز بتركيز ٣٥ - ٣٧ ٪ و كشافته النوعية ١.١٨ - ١.١٩ .

٤ - محلول الاختزال (Reduction Solution)

أ - يذاب ٩٠ من بيسلفيت الصوديوم (NaHSO_3) أو ٨٢ جم من ميتا بيسلفيت الصوديوم $(\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_5)$ في ٨٢ جم من ميتا بيسلفيت الصوديوم

في ٨٠٠ مل من الماء المقطر .

ب - يذاب في كأس آخر ٧ جم من ببسلفيت الصوديوم ($\text{Na}_2 \text{SO}_3$) في ١٠٠ مل من الماء المقطر ثم يضاف ١٥ جم من ١ - أمينيوم ٢٠ - نافترول .

ج - حمض السلوفيك

يقلب جيدا الذوبان ثم يضاف إلي محتويات الكأس الأول . يخلط جيدا ثم تكمل حجم المحلول إلي لتر .

يحضر هذا المحلول كل بضعة أسابيع مع مراعاة حفظه في الثلاجة .

٥ - محلول السيليكا القياسي

أ - المحلول الاحتياطي (Stock Solution)

يذاب ٦٥ جم من ميتاسيليكات الصوديوم ($\text{Na}_2 \text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2 \text{O}$) في كمية من الماء المقطر ثم يستمر في الإضافة حتى يصبح حجم المحلول لتر .

تأخذ ٢٠٠ مل من هذا المحلول واضعا كل مائة مل في كأس ويعين في كل منها السيلكا الموجودة بها تحليليا كيميا بواسطة التحليل الوزني وتأخذ المتوسط ليمثل تركيز السيلكا في المحلول .

نحسب حجم المحلول المحتوي على ١ جم من السيلكا " SiO_2 " من المحلول السابق وليكن ح مل .

أنقل مل من هذا المحلول السابق ونضعه في دورق قياسى نظيف سعته لتر . ثم خففه بالماء المقطر حتى العلامة .

١ مل من هذا المحلول = ١ مجم س أ ٢

يتم حفظ هذا المحلول في زجاجة بولي إيثيلين وأغلقها جيدا .

ب - محلول قياسى من السيلكا ١ ر مجم س أ ٢ / مل " SiO_2 " من المحلول :

يوضع ١٠ مل من محلول السيليكا الاحتياطي في دورق قياسى سعته ١٠٠ مل يضاف إليها الماء المقطر حتى العلامة .

٦ - حمض الطرطريك (Tartaric Acid)

يذاب ١٠٠ جم من حمض الطرطريك ($H_2C_4H_4O_6$) فى كمية قليلة من الماء .
المقطر ثم يجفف المحلول إلى لتر بإضافة الماء المقطر .

الطريقة :

أ - إذا كانت السيلكا حوالى ١ جم / لتر

١ - يضاف كمية من العينة بها حوالى ١ مجم سيليكاً وليكن حجمها ح ١ ثم
خففها بالماء المقطر حتى تصبح ٦٠ مل .

٢ - يضاف إلى العينة كمية من حمض الهيدروكلوريك " أو الامونيا " حتى
يصبح الأس الهيدروجينى للعينة ٤.١ .

٣ - تنقل العينة إلى أنبوبة نسلر سعة ١٠٠ مل ثم يخففها حتى يصبح حجمها
٥ مل بإضافة الماء المقطر .

٤ - أضف ٧.٥ مل من محلول موليبيدات الامونيوم . ويرج المحلول جيداً ثم
نتركه ٥ دقائق ثم نضيف إليه ٢ مل من محلول حمض السيتريك ثم نكمل الحجم
إلى ١٠٠ مل بإضافة الماء المقطر .

عمل الضابط (Blank)

تجرى نفس الخطوات السابقة مستخدماً الماء المقطر بدلاً من العينة ونكمل
الحجم إلى ١٠٠ مل . ثم نضيف إليها محلول السيليكاً القياسى وتقارن بتساوى
اللونين ، ونسجل القراءة وتلتكن س مل

$$\text{كمية السيليكاً} = \frac{\text{حجم محلول السيليكاً س مل} \times ١ \times ١٠٠}{\text{حجم العينة ح ١ س} \times ٢ / \text{لتر}}$$

ب - إذا كانت السيليكا اقل من ١ جم / لتر

١ - نأخذ كمية من العينة تحتوي علي حوالي ٤ حجم سيليكا وأجري عليها نفس الخطوات السابقة حتى الخطوة التي يضاف فيها موليبيدات الأمونيوم ثم نضيف ٢ مل من محلول موليبيدات أمونيوم فقط . نخلط العينة جيداً ثم نتركها ٥ دقائق بالضبط ثم أضف ٤ مل من محلول حمض الطرطريك قلب جيداً ثم اتركها ٥ دقائق بالضبط .

٢ - نضيف ٥ مل من محلول الأختزال ثم نخفف العينة إلي ١٠٠ مل . ونخلط المحلول جيداً ثم نتركها لمدة عشر دقائق قبل مقارنتها بالضبط .

٣ - عمل الضابط : نحري نفس الخطوات المتبعة مع العينة مع استبدال العينة ب ٥ مل من الماء المقطر .

٤ - يضاف محلول السيليكا إلى محلول الضابط وقارن حتى يتساوى اللونين وسجل حجم محلول السيليكا المستخدمة وتكن س ٢ مل.

$$\text{كمية السيليكا} = \frac{\text{حجم محلول السيليكا س ملي} \times ١ \times ١٠٠}{\text{حجم العينة ح ١}}$$

ملحوظة : يجب أن تكون المياه المقطرة المستخدمة في تقدير السيليكا معاد تقطيرها .

كما يجب أن تحفظ المحاليل في أوعية من البولي إثيلين .

١١- تعيين الحديد في الماء

(Determination Of Iron)

يوجد الحديد في كثير من الصخور البركانية والطيني ، ويلدوب بسهولة في غياب الأكسجين - أي في الحالة المختزلة - ويوجد في ماء الشرب بتركيز حتى ٣ر .
مليجرام / لتر ويوجد الحديد عادة في الماء نتيجة أكسدة الحديد في خطوط التوصيل .

ويتم تعيين الحديد عن طريق تفاعله مع محلول من ثيوسيانات الأمونيوم حيث يتكون لون أحمر .

ويتم تحديد نسبة الحديد في الماء باستخدام الكواشف والمحاليل الآتية :

أ - محلول الحديد

يلباب ٧.٢٢ ر . جم من كبريتات الحديدوز النشوية $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ في ١٠٠ مل من الماء المقطر ثم نضيف ٥ مل (١ : ٥ حامض كبريتيك) ثم نضيف بحذر محلول مخفف من برمنجنات البوتاسيوم ٢ جم / لتر حتى يتصب لون المحلول خفيف جدا من البرمنجنات .
يقلب المحلول جيدا ثم نضيف ماء مقطراً حتى يصبح المحلول واحد لتر ثم تقلب جيداً .

ومن هذا المحلول كل واحد مل من محلول الحديد = ١ أو ٠.١ مجم حديد .

نأخذ ١٠٠ مل من محلول الحديد ونخففها إلى واحد لتر .

ومن هذا المحلول ١ مل = ٠.١ ر . مجم حديد .

ب - محلول ثيوسيانات الأمونيوم ١٠٪

يلباب ١٠٠ جم من ثيوسيانات الأمونيوم في ٩٠٠ مل من الماء المقطر .

ج - محلول فوق أكسيد الهيدروجين ٣٪ .

نأخذ ٢٠٠ مل من عينة الماء ونضيف إليها ٣ مل من حامض الهيدروكلوريك المركز وكذلك ١ مل من محلول فوق أكسيد الهيدروجين ٣ ٪ .

٢ - تحضير عينة الضابط (Blank).

نأخذ ٢٠٠ مل من الماء المقطر ونضيف إليها ٣ مل من حمض الهيدروكلوريك المركز ، ١ مل من محلول فوق أكسيد الهيدروجين "٣٪".

٣ - نضع كلا الدورقين علي سخان حتى الغليان . ونستمر في الغليان حتى يخفف الحجم إلي الثلث .

٤ - ينقل محتوى كل دورق إلى أنبوبة نسزل ونضع في كل أنبوبة ١٠ مل محلول ثيوسيانات الأمونيوم ١٠ ٪ ثم نخف بالماء المقطر حتي يصبح الحجم في كل أنبوبة ١٠٠ مل .

٥ - إذ ظهر لون أحمر في أنبوبة العينة فإن هذا يعنى وجود الحديد . عندئذ أضف إلى أنبوبة الضابط محلول الحديد واستمر في الإضافة حتي يتساوى اللونان

٦ - نسجل الكمية المأخوذة من محلول الحديد ولتكن (ح) .

٠.١ كل ١ مل من محلول الحديد يحتوى علي ٠.١ حجم حديد .

: تركيز الحديد (حجم / لتر) = $5 \times 0.1 \times \text{حجم} / \text{لتر}$.

١٢ - تعيين الفوسفات "Determination of Phosphate"

يستخدم عادة الفوسفات لمعالجة المياه وذلك لمنع ترسيب الأملاح المسببة للعسر داخل الغلاية ، ويستخدم في ذلك أنواع مختلفة من الفوسفات كما سبق ذكره.

ويستخدم في تعيين أملاح الفوسفات محلول من فاندات الامونيوم (V.M)

(Ammonium Vanadate) " $\text{NH}_4 \text{VO}_3$ " وذلك كالآتى :

أ - يذاب ١ حجم من فاندات الامونيوم مع ٢٥ حجم من موليبيدات الامونيوم في ٣٠٠ مل من الماء عند درجة حرارة ٥٠ - ٦٠ م ثم يبرد بعد ذلك إلي درجة حرارة الغرفة .

ب - يضاف ١٢٥ مل من حامض كبريتيك مركز إلي ٤٠٠ مل من الماء المقطر ثم يبرد إلي ٢٠ م ويضاف ١٢٥ مل من حامض الكبريتيك إلي ٢٠٠ مل من الماء

ثم يبرد إلي ٢٠ م°.

جـ - يضاف المحلول (أ) إلي المحلول (ب) ويستكمل الخليط إلي واحد لتر بالماء المقطر .

محلل الفوسفات القياسي

١ - عندما يذاب ١٤٣ ر جم من بيغوسفات البوتاسيوم (KH_2PO_4) في لتر من الماء، يصبح تركيز هذا المحلول ١٠٠ مجم / لتر .

٢ - بجهز ٢٠ دورق قياسى سعة ١٠٠ مل ويؤخذ من محلول الفوسفات كميات متناقصة من ٤٠ مل إلي ٢ مل كالآتى : ٤٠ - ٣٨ - ٣٦ - ٣٤ - ٣٢ - ٣٠ - ٢٨ - ٢٦ - ٢٤ - ٢٢ - ٢٠ مل ويوضع كل منها في دورق من الدوارق القياسية العشرين ثم يضاف إلي كل منها ماء مقطر حتي العلامة . نرج جيدا .

٣ - بجهز ٢٠ أنبوبة اختبار نظيفة . وتأخذ من كل دورق من الدوارق القياسية، ١ مل من محلول الفوسفات الموجود بها ونضع عليه ٢ مل من محلول ال V. M ثم نغلفها جيدا .

وبذلك نحصل علي محاليل قياسية نراكيزها ٤٠ - ٣٨ - ٣٦ - ٣٤ - ٣٢ - ٣٠ - ٢٨ - ٢٦ - ٢٤ - ٢٢ - ٢٠ مل / لتر VO_4 .

الطريقة

١ - نأخذ ١٠ مل من الماء في أنبوبة اختبار ونضيف إليها ٢ مل من محلول ال V.M ثم نتركها لمدة عشر دقائق .

٢ - قارن اللون الناتج مع محاليل الفوسفات القياسية .

١٢- تعيين الأكسجين الذائب في الماء

(Determination of dissolved Oxygen)

يعتبر الأكسجين الذائب في المياه العنصر الفعال في حدوث التآكل في الغلايات ولذلك فإن تعيين الأكسجين ضروري في متابع الغلايات .

كذلك فإن تقدير الأكسجين في الماء يعد مقياساً لعملية إزالة الغازات مع ملاحظة أنه في بعض الحالات يعتبر وجود الأكسجين من العناصر الهامة واللازمة في استمرار الحياة للكائنات الموجودة في هذه المياه .

أخذ العينة

تفصل ماسورة العينة جيداً وذلك عن طريق تدفق المياه من خلالها فترة من الزمن كما تبرد المياه الخارجية من هذه الماسورة إلى ٢٠°م أو أقل وذلك عن طريق مبرد .

ثم توضع بعد ذلك فتحة الماسورة في قاع زجاجة الأكسجين وتركها حوالي ٥ دقائق على الأقل مستمرة في التدفق على أن يكون معدل تدفق المياه من الماسورة حوالي لتر أو لترين في الدقيقة ثم أغلق الزجاجة جيداً مع تجنب وجود أي فقاعة هوائية داخل الزجاجة .

الكاشف والمحاليل القياسية

١ - محلول كلوريد المنجنيز ٤٠٪ ($Mn Cl_2$)

يذاب ٤٠ جم من كلوريد المنجنيز في ٦٠ مل من الماء المقطر .

٢ - كاشف اليوديد القلوي "Alkaline - Iodine"

يذاب ١٠ جم من يوديد البوتاسيوم في ١٠٠ مل من الماء المقطر ثم أضف إلى هذا المحلول ٣٣ جم هيدروكسيد بوتاسيوم «مع ملاحظة ألا يعطى المحلول اللون الأزرق مع محلول النشا» .

٣ - حمض الايدروكلوريك المركز

يستخدم حمض هيدروكلوريك بتركيز ٣٥ - ٣٧ ٪ يد كل كشافة النوعية

١٨ - ١٩ ر١ .

٤ - محلول النشا

أ - نضع حوالي ٥ أو ٦ من النشا في كمية قليلة من الماء . قلب جيدا ثم صب هذا المعلق في لتر من الماء المغلي وأتركه يغلي لعدة دقائق . اترك المحلول لمدة ٢٤ ساعة حتى يرسب كل النشا .

ب - أنقل المحلول الراقى الذى يمكن أستعمال كدليل كشاف وذلك بعد إضافة ١٢٥ جم من حمض السيليسليك حتى لا يتعفن محلول النشا .

٥ - محلول ثيوكبريتات الصوديوم

يحضر محلول ثيوكبريتات الصوديوم . ٥ / ع١ .

الطريقة

١ - نضع ٢ مل من محلول كاشف اليوديد القلوى .

٢ - نضع ٢ مل من محلول كلوريد المنجنيز (٤٠ ٪) ثم نغلق الزجاجاة فوراً .

٣ - اخلط محتويات الزجاجاة جيدا قلبها عدة مرات مع مراعاة عدم وجود أي فقاعات هوائية داخل الزجاجاة . ثم اتركها بمحتوياتها لمدة ١٠ دقائق في مكان مظلم .

٤ - نضيف ٤ مل حامض الهيدروكلوريك المركز وأعد خلط محتويات الزجاجاة جيدا حتى يذوب الراسب المتكون .

٥ - نضع محتويات الزجاجاة في دورق مخروطى ونعاير مع محلول . ٥ / ع١ ثيوكبريتات الصوديوم القياسى .

٦ - سجل قراءة السحاحة ولتكن ح . مل .

$$= \frac{ح \times ١٦ \times ١٠٠٠}{حجم الزجاجاة - ٨} = \text{كمية الأكسجين حجم / لتر}$$

حجم / لتر

١٤- تعيين ثاني أكسيد الكربون الحر في الماء

(Determination of Free Carbon dioxide)

يتم تعيين ثاني أكسيد الكربون الحر في العينة وذلك بأنبعاث نفس الأسلوب أخذ العينة في حالة تعيين الأكسجين في تعرض العينة للهواء الجوي والفقاعات الهوائية .

ويستخدم في ذلك الكواشف والمحاليل الآتية :

١ - محلول ٢٢ / ١ عياري من كربونات الصوديوم .

٢ - دليل الفينول فيثالين .

الطريقة :

١ - نضع ١٠٠ مل من العينة في دورق مخروطي ثم أضف إليها ٥ ر . مل من دليل فينول فيثالين فإذا تحول المحلول إلى اللون الأحمر فإن هذا يعني عدم وجود غاز ثاني أكسيد الكربون .

٢ - إذا لم يتحول لون العينة إلى اللون الأحمر فإن هذا يعني وجود ثاني أكسيد الكربون وعندئذ عاير العينة بمحلول ٢٢ / ١ عياري كربونات الصوديوم . مع الرج حتى يتحول لون المحلول إلى اللون الأحمر .

٣ - سجل قراءة السحاحة ولتكن ح مل من محلول ٢٢ / ١ عياري كربونات صوديوم .

وبذلك تكون كمية أكسيد الكربون = ح × ١٠ جزء في المليون (مجم / لتر) .

الجزء الثانى

تلوث البيئة

التلوث البيئي

الفصل الاول : عمليات معالجة المخلفات الصناعية المختلفة

الفصل الثاني : المعالجات الأولية .

الفصل الثالث : أعمال المعالجة النهائية بالمرشحات

الفصل الرابع : العمليات الإضافية

الفصل الخامس : أسلوب معالجة الصرف الصناعي في
الوحدات الصناعية .

التلوث الصناعي

Industrial Pollution

مقدمة

تساهم الصناعة بشكل عام بقدر كبير في تلوث البيئة المحيطة بنا مثل تلوث الهواء حيث تلقي آلاف الأطنان في السنة من الأبخرة والغازات الكيميائية إلى الغلاف الجوي إما بهيئة فضلات لحرق الوقود المستخدمة بالصناعة أو بسبب الفصل غير التام للنواتج أو بسبب عمليات التبخر أو نتيجة للحوادث الصناعية كالانفجارات والحرائق وتسرب الغازات السامة بسبب خلل ميكانيكي أو أهمال من قبل المشرفين على العمليات الصناعية . وتلوث الصناعة أيضا البيئة . فالصناعة الكيميائية تأخذ الماء النقي كيميائيا وتستغله في العمليات الصناعية المختلفة ثم تعيده ملوثاً بالمواد الكيميائية السائلة والصلبة والغازية مغيرة من خواصه الفيزيائية الطبيعية مثل الكثافة واللزوجة ومحتواه الغازي وتغيير لونه وطعمه ورائحته وتغيير الأس الهيدروجيني وذلك تؤثر الصناعة تأثيراً كبيراً على الصحة العامة للإنسان والحيوانات الأخرى التي تعتمد على الماء اعتماداً كلياً للشرب والاستخدامات المنزلية.

وتساهم الصناعة بقدر كبير في تلوث اليابسة حيث تلقي الآلاف الملوثة من الأطنان من الفضلات الصناعية الصلبة إلى اليابسة مثل المنتجات البلاستيكية والمطاطية التي تقاوم التفكك البيولوجي والمواد الغير عضوية مثل كربونات الكالسيوم التي تطرحها معامل الورق والسكر بهيئة ما يعرف بالطين الجيري وتترك آلاف الأطنان من الفوارغ الزجاجية بعد استخدامها لمرة واحدة وهذه أمثلة معدودة من مئات الأمثلة الأخرى التي يمكن ملاحظتها باعتبارها عوامل لتلوث البيئة برأ وبحراً وجواً وتشمل الملوثات الصناعية على الأكاسيد الحامضية الكبريتية وأكاسيد الكربون والفضلات المعدنية كمركبات الحديد والكروم والنيكل والنحاس وأملاح الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والفضلات البترولية والفينولات والسبائيدات والأمونيا والتولوين والمواد الكربونية .

أنواع الملوثات الصناعية (Types of Industrial Wastes)

لقد تعددت وتنوعت الملوثات الصناعية بتطور القطاع الصناعي في كافة

المجالات . وعموما يمكن وضع الملوثات الصناعية فى ستة أصناف رئيسية :

أ - الفضلات الصناعية المستهلكة للأكسجين : فقد وجد فى إحدى الدراسات أن كمية الفضلات المستهلكة للأكسجين عام ١٩٦٨ بلغت ١٥ مليون كيلو جرام ومن الأمثلة على هذه الفضلات المواد الكيميائية القابلة للتأكسد المباشر بالأكسجين المذاب فى الماء .

ب - الفضلات الصلبة العالقة والراكدة.

ج - الفضلات الملوثة المؤثرة على الأس الهيدروجيني للماء : وهذه تشمل المواد التى تزيد الحموضة والقاعدية والمواد النشطة إشعاعيا . وهذه المواد تؤثر بشكل مباشر على نوعية الماء ومواصفاته حيث أن تغيير الأس الهيدروجيني للماء يؤثر على العديد من خصائص الماء مثل قابلية ذوبان الأملاح فيها وغير ذلك .

د (الماء الخارج من الصناعة تكون درجة حرارته غير طبيعية لذلك تعتبر الحرارة أحد الملوثات الصناعية للماء ومعظم هذه الحرارة تأتي من عمليات التوليد الكهربائي . وبالرغم من العديد من الاحتياطات مثل عمليات إعادة الاستغلال واستغلال الحرارة بواسطة التبادل الحرارى إلا أن كميات كبيرة من الطاقة تذهب سدى مع مياه الفضلات وتعتبر الحرارة مثابة ملوثات لأن الماء الساخن لا يمكن استخدامه ثانية فى التبريد وعليه يطرح إلى المجارى ويستعان بكميات أخرى من الماء وارتفاع درجة الحرارة تؤدي إلى تغييرات كبيرة بالنسبة للأحياء المائية وتؤثر على زيادة قابلية ذوبان الأملاح فى الماء . وبذلك تزيد عسرته وفي نفس الوقت تقل كمية الأكسجين المذابة فى الماء وهذا بدوره يقلل سرعة التخلص من الفضلات العضوية القابلة للتأكسد .

هـ (الفضلات الكيميائية السامة وتأتى هذه الفضلات أما مباشرة من الفضلات الصناعية السامة مثل مصانع المبيدات والمواد الصيدلانية والصناعات الكيميائية الأخرى أو قد ينتج بسبب تفاعل الفضلات الصناعية فيما بينها .

و (الملوثات البكتيرية والفيروسية : هذا النوع من الملوثات يرتبط ببعض الصناعات المحدودة مثل مصانع تعليب اللحوم والصناعات الغذائية والجلود حيث تكون هذه المنشآت معرضة لنمو وتكاثر البكتيريا المرضية وبعض الفيروسات وهذه بدورها تؤثر على نوعية المياه المستخدمة فى الشرب .

الفصل الأول

عمليات معالجة المخلفات الصناعية المختلفة

توجد عدة أنواع من عمليات معالجة مياه الصرف . يعتمد اختيار العملية المناسبة على نوع الفضلات والملوثات الموجودة. وقد تتضمن عملية المعالجة على واحدة أو أكثر من العمليات الآتية :

١) المعالجة التمهيدية (Preliminary Treatment)

وتشمل الآتى :

- | | |
|---------------------|----------------|
| (Screening) | أ - المصافي |
| (Carit Removal) | ب - فصل الرمال |
| (Flow Equalization) | ج - التساوي |
| (Neutralization) | د - التعادل |

٢ - المعالجات الابتدائية (Primary Treatment)

وتشمل الآتى :

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| (Gravity Oil Separation) | أ - فصل الزيوت بالجاذبية |
| (Sedimentation) | ب - الترسيب |
| | ج - الفصل بالكميماويات |

(Sedimentation Using Chemical Addition)

- | | |
|-----------------|-------------------|
| (Gas Flotation) | د - الطفو الهوائي |
|-----------------|-------------------|

هـ - الطفو الهوائي بإضافة مواد كيميائية

(Gas Flotation with Chemical Addition)

- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| (Granular Media Filtration) | و - الترشيح الرملي |
|-----------------------------|--------------------|

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (Ultra Filtration) | ز - الترشيح الغشائي |
|---------------------|---------------------|

٣- المعالجات الثانوية (البيولوجية)

(Secondary or Biological Treatments)

وتشمل الآتي :

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| (Activated Sludge) | أ - الحمأة النشطة |
| (Trickling Filters) | ب - المرشحات البيولوجية |
| (Lagoons "Stabilization Ponds") | ج - بحيرات الأكسدة |
| (Steam Stripping) | د - الفصل بالبخر |
| (Solvent Extraction) | هـ - الفصل بالمذيبات |

٤- المعالجات الثلاثية الإضافية (Tertiary Treatments)

وتشمل الآتي :

أ - الإدمصاص بالكربون النشط

(Granular Activated Carbon adsorption)

- | | |
|----------------------|------------------------|
| (Chemical Oxidation) | ب - الأكسدة الكيميائية |
| (Air Stripping) | ج - الفصل بالهواء |
| (Nitrification) | د - النيترة |
| (Ion Exchanger) | هـ - التبادل الأيوني |
| (Reverse Osmosis) | و - التناضح العكسي |
| (Electrodialysis) | ز - الديليزة |
| (Chlorination) | ح - الكلورة (التطهير |

وأن بعض هذه العمليات لا تختلف من حيث الأساس عن العمليات المستخدمة في تنقية المياه مثل عمليات الترشيح والترسيب والتعقيم غير أن فضلات بعض المصانع الكيميائية تحتاج إلي معالجات خاصة قبل تصريفها .

وتوجد أربع طرق أساسية لمعالجة المياه الملوثة بالفضلات الكيميائية الشديدة الخطورة وهي المعالجة الكيميائية (Chemical Treatment) والأكسدة الحرارية أو الحرق (Incineration) والتخزين أو الدفن (Containment and Storage) والتصريف تحت السيطرة بالتخفيف .

ويقصد بالمعالجة الكيميائية تحويل بعض المواد الشديدة الخطورة بسبب قابليتها السمية أو الانفجارية إلى مركبات أقل خطورة باتباع طرق كيميائية مثل الأكسدة والاختزال والترسيب وغيره ذلك فمثلاً يمكن أكسدة المركبات السامة جداً كالسيانيدات إلى مواد غير سامة كالنتروجين وثاني أكسيد الكربون بالأكسدة وبالكالور في وسط قاعدي .

أما عمليات الترسيب فيقصد بها تحويل المواد الكيميائية السامة الذائبة إلى مواد غير ذائبة حيث يمكن فصلها عن الماء وتدفن تحت سطح الأرض كما هو الحال مع معظم الأملاح المعدنية الذائبة مثل الكبريتيدات والكربونات .

وتعالج بعض الفضلات الكيميائية بواسطة الأكسدة الحرارية إما بحرقها مباشرة إذا كانت قابلة للاشتعال وإذا كانت غير قابلة للاشتعال فإنها تمزج مع بعض أنواع الوقود أو الفضلات الكيميائية الأخرى القابلة للاشتعال وتحرق في محارق خاصة معدة لهذا الغرض . أما بالنسبة إلى المواد الملوثة الشديدة الخطورة والتي لا يمكن التخلص منها بالطرق السابقة فيتم تركيز محاليلها بتبخيرها ثم تدفن هذه الفضلات الكيميائية والشديدة الخطورة في مقابر خاصة في مناطق غير مسكونة أو ترمى في البحر داخل خزانات محكمة تمنع تسرب الفضلات منها وتكون هذه المقابر خاضعة للفحص المستمر لضمان عدم تسربها وتلوث البيئة بها .

والشكل (٣١) رسم توضيحي لخطوات معالجة الصرف الصناعي.

معالجة المخلفات السائلة

تحتوى المخلفات السائلة (كما سبق ذكره) على تركيز المواد العضوية القابلة للتحلل وأعداد كبيرة من البكتريا ومواد صلبة متنوعة ذائبة ، وتشمل معالجة المخلفات السائلة مراحل طبيعية وبيولوجية وكيميائية بهدف تحسين خواص المياه حتي يمكن التخلص منها أو إعادة استخدامها بدون أى أضرار صحية أو نفسية أو عقائدية ويجب أن تكون طريقة المعالجة وكفاءتها في حدود المقاييس الآتية :

- ١ - نوعية المياه المناسبة لإعادة استعمالها في الأغراض المختلفة .
- ٢ - القضاء على أكبر نسبة من الجراثيم المسببة للأمراض ، وحجز أكبر نسبة من المواد العضوية والعالقة ، بحيث لا تتسبب المياه بعد معالجتها في انتشار الروائح الغير مرغوبة ، والتأثير علي عادات الناس وعقائدهم في حالة التخلص من المياه بعد معالجتها في المسطحات المائية ، خاصة في البلاد التي تنظر إلي مصادر المياه باحترام وقدسيتها والتي تستخدم المسطحات في أغراض حيوية .
- ٣ - التكاليف الإنشائية لأعمال المعالجة ، والعائد المنتظر من إستعمال المياه ، ومصاريف التشغيل لهذه الاعمال .
- ٤ - اختيار الموقع المناسب لوحدة المعالجة بحيث يكون الرفع أقل ما يمكن ، وتكون مساحة الموقع كافية لأي امتداد أو إضافات لمنشأتها في المستقبل

مراحل المعالجة

وتشمل مرحلتين أساسيتين :

- معالجة طبيعية

- معالجة بكتريولوجية .

وذلك بخلاف ما يمكن أن يضاف من معالجة كيميائية كمرحلة مساعدة أو إضافية لزيادة كفاءة المعالجة وتحسين خواص المياه المعالجة .

وتشمل المعالجة الطبيعية حجز المواد الطافية وترسيب المواد الرسوبية التي يمكن ترسيبها في أحواض حجز الرمال ، وأحواض الترسيب الابتدائي في حدود أسس

التصميم ونوعيات المخلفات السائلة .

وتشمل المعالجة البيولوجية عمليات أكسدة هوائية وتجميع للمواد العضوية بواسطة البكتريا الهوائية ويتم ذلك في أحواض تهوية أو مرشحات بيولوجية . ويتم ترسيب المواد التي تم أكسدتها وتجميعها في أحواض ترسيب أخرى تلي الوحدات البيولوجية .

والمعالجة البيولوجية هي في جوهرها نشاط كيميائي تعمل فيه خلية البكتريا الصغيرة كمفاعل كيميائي يقوم بتحويل العناصر العضوية إلى مكونات غير عضوى ، وعلى سبيل المثال :-

كربون عضوى + أكسجين وبكتريا = ثانى أكسيد الكربون
أندروجين عضوى + أكسجين وبكتريا = نترات
كبريت عضوى + أكسجين وبكتريا = كبريتات
فوسفور عضوى + أكسجين وبكتريا = فوسفات

الأكسدة الهوائية (Aerobic Oxidation)

وفيهما تستخدم البكتريا الهوائية الأكسجين الذائب فى المياه لأكسدة المواد العضوية ، وتحولها إلى مواد غير عضوية وذلك لسد حاجتها من الطاقة اللازمة لحياتها وتكاثرها وتحترق مياه المجارى المنزلية على العناصر اللازمة كغذاء للبكتريا ، أما المخلفات الصناعية فتعتمد محتوياتها على نوعية الصناعة والمواد المستخدمة فيها .

نقص الأكسجين في المسطحات المائية

يصاحب نشاط الكائنات الحية الدقيقة في المسطحات المائية نقص فى الأكسجين الذائب ، ويكون نقص الأكسجين في مراحل متعاقبة متصلة هي :-
نقص مباشر وعاجل ، ثم نقص نتيجة أكسدة المواد الكربوتية وبعد ذلك نقص نتيجة أكسدة المواد النتروجينية .

الأكسدة اللاهوائية (Anaerobic)

وفيها تستخدم البكتريا اللاهوائية الأكسجين الموجودة في بعض المركبات لتقوم بعملية أكسدة المواد العضوية ، وذلك في حالة عدم وجود أكسجين ذائب في المياه . ومعدلات الأكسدة التي تقوم بها البكتريا الهوائية أسرع من أكسدة البكتريا اللاهوائية ولكنها تحتاج إلى أكسجين ذائب في المياه وعادة يبدأ التحلل اللاهوائي لمياه المجارى بعد بقائها في شبكات الصرف الصحي حوالى ٤ ساعات ، وعلى هذا الأساس وفي المدن الكبيرة التي تخدمها شبكات صرف صحي بها أطوال كبيرة من الخطوط ، تصل مياه الصرف الصحي إلى محطات المعالجة في صورة متعفنة ، وقد تحتاج إلى عملية تهوية ابتدائية قبل عمليات المعالجة .

تصنيف درجة المعالجة

تعتمد درجة المعالجة على الخواص المطلوبة في المخلفات السائلة بعد معالجتها ، وبعد ذلك على طريقة التخلص من هذه المياه أو إعادة استخدامها في الري .

قياس درجة المعالجة

وتتم بعمل اختبارات طبيعية وكيميائية وبيولوجية لمياه الصرف قبل معالجتها ، ثم عمل الاختبارات بعد كل مرحلة لمعرفة التغير في خواصها أو التحسن في خواصها خلال كل مرحلة ، ومن نتيجة هذه الاختبارات يمكن متابعة أعمال المعالجة .

الاختبارات التي تجري على المخلفات السائلة

أ) الاختبارات طبيعية ، وتشمل

- درجة الحرارة .
- اللون .
- العكارة

ب) اختبارات كيميائية وتشمل :

- المواد العالقة .
- المواد الصلبة الذائبة .

- المواد الصلبة الكلية (ذائبة + عالقة)
- تركيز النتروجين .
- الزيوت والدهون والشحوم .
- الأكسجين الذائب .
- الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD)
- الأكسجين الكيماوى المستهلك (COD).

ج (اختبارات بكتولوجية وتشمل

العد الكلى البكتيرى ، وعدد بكتريا القولون وعدد أنواع معينة خاصة بظروف وبائية في حالة حدوثها . ونظرا للأعداد الكبيرة من البكتريا الموجودة في مياه المجارى ؛ فإن العد البكتيرى يكون مفيدا فى الحالات التى تستخدم فيها المياه المعالجة في الرى حتى يمكن تحديد المحاصيل التى يمكن زراعتها . وفى حالة صرف مياه المجارى في المسطحات المائية يكون العد البكتيرى مفيدا في تحديد خواص المسطحات المائية بعد التخلص من المجارى فيها .

بكتريا القولون (Coliforms)

بكتريا القولون (Coliforms) تعيش فى الامعاء وتحديد عددها في المياه يظهر مدى التلوث بمخلفات بشرية حديثة ، وهذا الاختبار لا يحدد عدد البكتريات الممرضة ولكن يحدد فقط عدد بكتريات القولون التى يحتمل أن تصاحب وجود البكتريا الممرضة ، كما أنه يعطى انطباعا أو احتمالا للإصابة بالامراض التى تعيش جراثيمها في المياه وعدد بكتريا القولون يستخدم كقياس للتلوث بمياه المجارى ، أما العد الكلى فيستخدم في محطات تنقية المياه للحكم على درجة التنقية .

البكتريا الدالة على نوعية المياه وجودتها

تحتوى مياه المجارى الخام على حوالى ٣٠ مليون خلية بكتريا فى كل لتر

وقتل البكتريا الممرضة نسبة صغيرة جدا تصل إلى واحد فى المليون من العد الكلى البكتيرى ويصل عدد الفيروسات إلى مائتى فيروس فى كل مليون من الخلايا البكتيرية .

وتقوم البكتريا بمعدل أكبر من الانواع الاخرى عندما تكون خارج أمعاء الحيوان أو الانسان ويساعد تعرض هذه البكتريا لعمليات المعالجة ويقاؤها فترة من الوقت في المسطحات المائية إلى خفض عددها بنسبة كبيرة وكما سبق تنتشر بعض الأمراض عن طريق المياه في حالة تلوثها بمخلفات بشرية يحمل أصحابها هذه الأمراض ، والوسائل الناقلة لهذه الأمراض تشمل أنواعاً من البكتريا والفيروسات والأوليات والديدان الطفيلية . والعوامل الأساسية في انتشار هذه الأمراض هو تلوث المياه والأطعمة وعدم وجود وعى صحى عند العامة من الناس ، وانتشار الذباب والحشرات الأخرى . ومن الأمراض الشائعة التى تنتقل بهذه الطريقة ، الكوليرا ، حمى التيفويد ، والدوسنتاريا .

التحكم في الملوثات السامة

تسبب الملوثات السامة مشاكل كثيرة فى عمليات المعالجة ؛ فضلا عن آثارها الفتاكة على البيئة المائية ويزيد من مشاكل التحكم فى هذه المواد العوامل الآتية:-

- (١) تنوع المواد السامة وكثرتها .
 - (٢) صعوبة الكشف عن الملوثات السامة وتحديدتها .
 - (٣) عدم توافر الخواص الكيميائية لمركبات كثيرة من المواد السامة .
 - (٤) صعوبة التنبؤ بنتيجة المؤثرات المحتملة لخليط من المواد السامة .
- ولتداخل هذه العوامل يكون من الأفضل قياس التركيز السام الكلى بدلا من قياس تركيز كل مادة سامة علي حدة .

الأكسجين الحيوى المستهلك

(Biochemical Oxygen Demand "BOD")

يعتبر الأكسجين الحيوى المستهلك من أهم المقاييس التى تصمم على أساسها جميع محطات معالجة المخلفات السائلة ، وهى مؤشر دقيق لكفاءة عمليات المعالجة البيولوجية . ويجزأ هذا الاختبار إلى جزئين : -

(أ) الأكسجين المستهلك فى أكسدة المواد الكربونية (CBOD)

الأكسجين الحيوى المستهلك هو كمية الاكسجين التى تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة فى الأكسدة الهوائية للمواد العضوية فى عينة مخففة من مياه المجارى محفوظة عند درجة حرارة ٢٠ م° لمدة خمسة أيام .

ويستخدم فى تخفيف المخلفات السائلة مياه مقطره تحتوى على عناصر تحتاجها البكتريا فى نشاطها مثل : محلول الفوسفات وكبريتات المغنسيوم ؛ وكلوريد الكالسيوم ، وكلوريد الحديدك ، وتتشبع المياه المقطرة بالاكسوجين الذائب بتهويتها لمدة مناسبة . وفى حالة المخلفات السائلة التى لا تحتوى على تركيز كافى من الكائنات الحية الدقيقة ، يضاف كمية من هذه الكائنات إلى مياه التخفيف.

ولإجراء التجربة يتم تخفيف عينة مياه المجارى عدة تخفيفات تناسب تركيز المواد العضوية لهذه المخلفات ، ويتم تحضير الزجاجات الخاصة بهذه التجربة بحيث تقلأ ثلاثة زجاجات من كل تخفيف ، وذلك يوضع كمية محدودة من مياه المجارى فى قارورة سعتها واحد لتر ، ثم يضاف لها مياه التخفيف حتى يصير حجم الخليط واحد لتر ، ويتم رج القارورة رجاً جيداً ثم ثلاث من زجاجات القياس الخاصة بهذه التجربة وسعتها حوالى ٣٠٠ سم^٣ .

ويتم تحديد نسبة مياه الصرف فى الخليط المخفف على أساس تركيز المواد العضوية فيها ، وعلى سبيل المثال تكون نسبة مياه المجارى فى التخفيف ١٪ إذا كان الأكسجين الحيوى المستهلك (٢٠٠ - ٦٠٠) جزء فى المليون ، وتكون نسبة ٢٪ إذا كان الأكسجين الحيوى المستهلك (١٠٠ - ٣٥٠) جزء فى المليون وهكذا .

وبفضل عمل ثلاث تخفيفات مختلفة على الأقل لكل عينة ويراعى أن تكون الزجاجات الخاصة بالقياس محكمة تماما بعد وضع العينات المخففة فيها . ولا يسمح إطلاقا بوجود فقاعات هواء في هذه الزجاجات حتى لا يؤثر ذلك في قيمة الأكسجين المستهلك . وتبدأ عملية القياس في التجربة بقياس الأكسجين الذائب في إحدى الثلاث زجاجات ، وتوضع الزجاجتان الباقيتان في حضانة درجة حرارتها ٢٠ م لمدة خمسة أيام من بدء التجربة .

وفي نهاية هذه المدة يتم قياس الأكسجين الذائب في الزجاجتين ، ويكون الفرق بين الأكسجين الذائب في العينة المخففة في بداية التجربة وبين متوسط الأكسجين الذائب في الزجاجتين التي تم حفظهما في حضانة لمدة خمسة أيام ، هذا الفرق يمثل الأكسجين المستهلك بواسطة الكائنات الحية الدقيقة خلال هذه المدة .

ويبدأ التفاعل بنشاط البكتريا الهوائية التي تؤكسد المواد العضوية بالاستعانة بالأكسجين الذائب في المياه ، ومن نواتج هذا التفاعل ، ثاني أكسيد الكربون وأعداد كبيرة من الخلايا البكتيرية ، وبعد ذلك تبدأ مرحلة تفاعلات أخرى تقوم بها الأوليات بالتهام الخلايا البكتيرية واستهلاك الأكسجين الذائب في المياه .

وتستمر التفاعلات الميكروبيولوجية في اختبارات الأكسجين الحيوى المستهلك إذا استمرت التجربة لأكثر من خمسة أيام . وبين الشكل قيمة الأكسجين الحيوى المستهلك بالنسبة للوقت ومعدلات استهلاك المواد العضوية الكربونية والنيتروجينية.

الاستهلاك المباشر العاجل للأكسجين الذائب

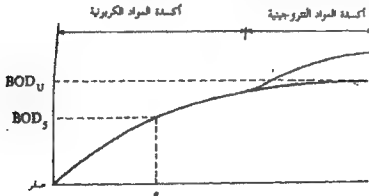
يحدث ذلك بتفاعلات سريعة بين أنواع معينة من الكيماويات والأكسجين الذائب في المياه . ويعتمد قيمة النقص في الأكسجين علي كمية ونوعية المواد الكيماوية ، وعلى كمية الأكسجين اللازمة للتفاعل مع المواد الكيماوية . وهذا التفاعل كيميائي بحت وليس له دخل بالنشاط البيولوجي ، ومعظم الكيماويات التي تتفاعل مع الأكسجين الذائب هي مركبات غير عضوية .

أكسدة المواد الكربونية

تنشط البكتريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية الكربونية في وجود الأكسجين الذائب في المياه وينتج من هذا التفاعل ثاني أكسيد الكربون والماء . واستهلاك الأكسجين بواسطة البكتريا خلال خمسة أيام هو ما يرمز له بالاكسجين الحيوى المستهلك وتعتمد قيمته على عوامل كثيرة تشمل كميات المواد العضوية الكربونية . ونوعية وأعداد البكتريا في المياه ، ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة ، ووجود النتروجين والفوسفور والعناصر الأخرى .

أكسدة المواد النتروجينية

في ظروف بيئية مناسبة تتحول غالبية المواد العضوية النتروجينية إلي أمونيا ثم إلي نترات ثم إلي نيترات وذلك بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ، وقد يكون نشاط البكتريا في أكسدة المواد النتروجينية بطيئا ويبدأ عادة بعد أكسدة المواد الكربونية ، ورغم أن أكسدة المواد النتروجينية لا تدخل ضمن الأكسجين الحيوى المستهلك في مدة خمسة أيام ، إلا أن الأكسجين المستهلك في أكسدة المواد النتروجينية في مياه المجارى يصل الى ٢٠٠ مجم فى اللتر وهذه القيمة تقارب الاكسجين الحيوى المستهلك نتيجة أكسدة المواد الكربونية في مدة خمسة أيام .



شكل (٣٣) منحنى الأكسجين الحيوى المستهلك
الوقت باليوم

الأكسجين الحيوى المستهلك للمخلفات الصناعية

تحتاج المخلفات الصناعية التي تحتوى على مواد عضوية قابلة للتحلل إلى عناية خاصة عند إجراء هذه التجربة ، لأن بعضها يحتاج إلى عمليات معادلة ، كما أنها تحتاج إلى إضافة كميات من الكائنات الحية الدقيقة من مياه المجارى ، كما أن نسبة التخفيف يجب أن تكون كافية للتحكم في تأثير المواد السامة التي يحتمل وجودها في المخلفات الصناعية .

ويراعى أن تكون العينات المأخوذة لإجراء التجارب عليها ، ممثلة للمخلفات لأن العمليات الصناعية تختلف مع اختلاف طريقة التصنيع والمواد الكيميائية التي تدخل فى الصناعة ، ومراحل العمليات المختلفة واستمرارية العمل على مدار اليوم الكامل .

وفي حالة وجود مواد سامة بالمخلفات الصناعية ، تحتاج العينة إلى معالجة معينة قبل إجراء التجربة ، وفي حالة تداخل المواد السامة فى نتائج التجربة ، تستبدل بتجربة الأكسجين الكيميائى المستهلك .

وفي حالة إجراء تجارب الأكسجين الحيوى المستهلك على المخلفات الصناعية تحتاج غالبية هذه المخلفات إلى إضافة كميات مناسبة من الكائنات الحية الدقيقة من البكتريا والأوليات تناسب تحلل المكونات العضوية لهذه المخلفات . ويمكن الحصول على الكائنات الحية الدقيقة من كمية من مياه المجارى المنزلية تترك في إناء مكشوف لمدة حوالى يوم كامل فى درجة حرارة الغرفة ، ويؤخذ كمية من المياه من السطح العلوى من الإناء .

ويمكن تحضير الكائنات الحية الدقيقة من خلال نموذج معمل لوحدة حمة منشطة يتم تغذيتها بخليط من مياه المجارى والمخلفات الصناعية . وتضاف مياه المجارى التى تحتوى الكائنات الحية الدقيقة إلى عينات التجارب بحيث يكون الأكسجين الحيوى المستهلك الناتج من هذه الإضافة مساويا (٥ - ١٠) من الأكسجين الحيوى المستهلك للعينة النهائية . وفى نهاية التجربة يمكن عمل تصحيح للزيادة الناتجة من إضافة كمية مياه المجارى التى تحتوى على الكائنات الحية الدقيقة .

وعند إجراء التجارب في مخلفات صناعية بها تركيز كبير من المواد العضوية ، يمكن عمل مجموعة تخفيفات متوالية حتى يمكن قياس عينات التجارب .

الأكسجين الكيميائي المستهلك

(Chemical Oxygen Demand "C.O.D")

يعتبر الأكسجين الكيميائي المستهلك مقياسا للمواد العضوية بمياه المجارى التى يمكن أكسدتها ويتم عمل الاختبار لقياس الأكسجين الكيميائي المستهلك باستخدام مادة مؤكسدة مثل كرومات أو برمنجنات البوتاسيوم ، بحيث يوضع خليط معروف الحجم من كل من مياه المجارى والمادة المؤكسدة ليتم تسخينه مدة كافية تتأكسد فيه المواد القابلة للتأكسد فى وجود حامض الكبريتيك .

ويتميز هذا الاختبار بأنه مقياس لجميع المواد القابلة للتأكسد سواء الممكن أكسدتها بالكثيرا أو يصعب أكسدتها بها ، ويمكن إجراء هذا الاختبار في حوالي ثلاث ساعات .

الفصل الثاني المعالجات الاولية

وتنقسم هذه المعالجات إلى الآتى :

(١) المصافى (Screens)

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| (Grit Chamber) | ٢) أحواض حجز الرمال |
| (Equalization and Neutralization) | ٣) التساوي والتعادل |
| (Plain Settling) | ٤) الترسيب الابتدائى |
| (Chemical Precipitation) | ٥) الترسيب الكيميائى |

وفيما يلى سوف نتكلم عن كل عملية بالتفصيل

١ - المصافى (Screens)

وفى هذه العملية تمر المخلفات السائلة فى مصفاة بغرض حجز المواد الطافية الكبيرة الحجم وذلك لحماية الطلميات وصيانة للمواسير من الانسداد وكذلك منع تواجد المواد الطافية على سطح الأحواض بشكل يؤذى النظر . والمصافى المستعملة لهذا الغرض تتكون من قضبان حديدية متوازية تتراوح المسافة بين :

١/٤ بوصة ١/٢ بوصة مصافى متوسطة الفتحات .

١/٢ بوصة ٦ بوصة وتسمى مصافى كبيرة الفتحات .

وتوضع هذه القضبان بحيث تكون فى مستوى واحد تعترض سير المخلفات السائلة فتحجز المواد الطافية التى تزيد عن سعة الفتحة ما بين القضبان أمامها كما فى الشكل (٣٤) .

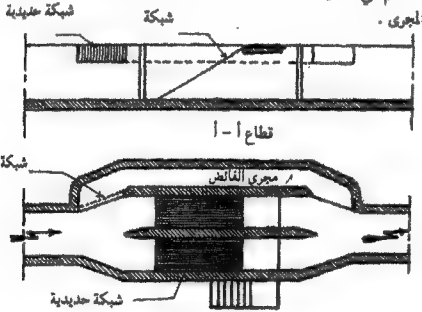
وأهم ما يراعى عند تصميم هذه المصافى هو :

١) القضبان إما دائرية أو مستطيلة المقطع وتراوح ما بين ١/٢ بوصة و ٣/٤ بوصة .

٢) زاوية ميل القضبان مع المستوى الأفقى ٣٠ - ٦٠ وذلك ليسهل تنظيفها إذ

أن المصافي الرأسية أو الأفقية تصعب تنظيفها كما أن ميل المصافي يساعد على تجميع الفضلات أمامها على منسوب سطح الماء .

٣) يجب ألا تقل سرعة المياه في المجرى أمام المصفاة (Screen Chamder) عن ٦٠ سم في الثانية وذلك منعاً لاحتمال حدوث أى ترسيب للمواد العالقة في



شكل (٣٤) بعض أنواع المصافي

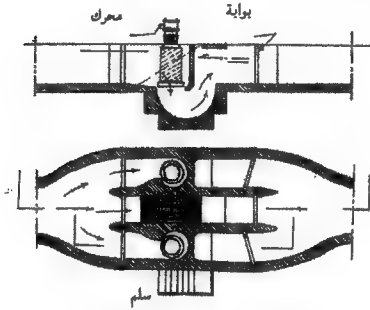
٢- أحواض حجز الرمال (Grit Chambers)

أحواض حجز الرمال هي أحواض ترسيب الغرض منها ترسيب الرمال والمواد غير العضوية العالقة ، وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب والداعي لهذه التفرقة في ترسيب نوعي الرواسب هو اختلاف طرق التخلص كما أن اختلاط نوعي الرواسب يسبب متاعباً في عمليات المعالجة التي تتبع هذه الخطوة .

لهذا تصمم أحواض حجز الرمال ليترسب فيها المواد الغير عضوية التي يبلغ حجم حبيباتها ٢ مم وأكثر . وتتكون أحواض حجز الرمال من قنوات متسعة نسبياً تمر فيها المخلفات السائلة مع التحكم الكافي لحفظ سرعتها عند السرعة التي تسمح

بترسب المواد الغير عضوية التي يبلغ قطرها ٢.٠ ملمبترافأكثر - وفي نفس الوقت لا تسمح بالمواد العضوية بالترسيب .

إلا أنه بالرغم من هذا الاحتياط فلقد وجد أن الرواسب في قاع حجرة حجز الرمال قد تحتوى علي حوالى ١٥ ٪ منها مواد عضوية .



شكل (٣٥) يبين الشكل الداخلي لحوض حجز الرمال

أسس تصميم أحواض حجز الرمال

- (١) السرعة الأفقية من ٢٥ إلى ٣٥ سنتيمتر / الثانية
- (٢) المدة للتي يمكثها الماء في الحوض حوالى دقيقة .
- (٣) طول الحوض حوالى ١٨ - ٢٠ متر .
- (٤) معدل التحميل السطحي ١٢٠٠ م^٣ / م^٢ / يوم
(Surface Load or Over Flow Rate)

التساوى والتعادل (Equalization and Neutralization)

التساوي (Equalization)

الغرض من عملية التساوى (Equalization) هو تجميع المخلفات - من المصادر المختلفة سواء من ناحية الحامضية أو القاعدية وكذلك الاختلاف في المكونات العضوية - في أحواض خاصة حيث يتم تساوى المكونات المختلفة وتصبح ذات تركيز متساوى يسهل معالجتها في المراحل التالية خاصة عملية المعادلة بالأحماض أو القلويات .

التعادل (Neutralization)

الغرض من عملية التعادل هو معادلة المخلفات السائلة الصناعية سواء كانت حمضية أو قاعدية - بالمواد الكيميائية المناسبة قبل صرفها إلى المجارى العمومية أو إعادة استخدامها . ويتم تحديد حامضية أو قاعدية المخلفات السائلة عن طريق قياس الأس الهيدروجنى للمحلول (pH) - فإذا كان الأس الهيدروجينى ٧ فهذا يعنى أن المحلول متعادل ثم يصبح حامضى إذا قل عن ٧ . أما إذا زاد عن ٧ فإن المحلول يصبح قلوى حتى يصل إلى أعلى درجات القلوية عند ١٤ .

وصبب الأس الهيدروجينى من المراحل الهامة في معالجة الصرف الصناعى حيث أن المحاليل زائدة الحموضة غير مرغوب فيها وكذلك المحاليل زائدة القلوية.

ويستخدم في عمليات المعادلة العديد من المواد الكيميائية التى تختلف من حيث الكفاءة وكذلك من ناحية التكاليف . ولا تستخدم عملية ضبط الأس الهيدروجينى (pH) لمعادلة المحاليل لتصبح متعادلة فقط ولكن تستخدم عملية ضبط الأس الهيدروجينى ليكون المحلول حامضى بدرجة معينة أو قلوى بدرجة لتناسب الجو المناسب للمعالجة المطلوبة مثل تخميض المخلفات السائلة التى تحتوى على مواد انتشار (Emulsifier) لفصل المواد الزيتية ثم إعادة معادلة المحلول .

معادلة المخلفات السائلة الحامضية (Neutralization of Acid Wastes)

المخلفات السائلة الحامضية تمثل جانب كبير من المخلفات الصناعية الكيميائية وكذلك الصناعات الكيميائية وكذلك صناعات تجهيز المعادن وإلى حد ما في الصناعات العضوية والأغذية . والمخلفات السائلة الحامضية غير المرغوب فيها - كما سبق ذكره - للصرف في القنوات المائية حيث أنها تقتل الأسماك والأحياء المائية . لذلك فإنه يلزم معادلتها قبل صرفها حيث أنها تسبب صدأ وتآكل حديد الخرسانة في المنشآت ، كما تجعل الماء غير صالح للاستخدام وأن صرف هذه المخلفات إلي المجارى - خاصة عندما يكون الأس الهيدروجيني أقل من ٥ - يقلل من كفاءة عمليات تحليل المواد العضوية بواسطة البكتريا .

المواد المستخدمة في المعالجة (Neutralization Agent)

تستخدم المواد القلوية لمعادلة المخلفات الصناعية ، ومن هذه المواد هيدروكسيد الصوديوم (Na OH) والصوردا أش (كربونات الصوديوم $\text{Na}_2 \text{CO}_3$) وهما أكثر المواد القلوية استخداما في المعالجة . فكلهما شديد اللويان في الماء ، لذلك ، فإن عملية التناول والتغذية تكون مناسبة وخاصة بالمعدات التي تعمل أوتوماتيكيا ، كما أن التفاعل مع الحامض يكون سريعا .

ويوجد أيضا أكاسيد الكالسيوم والمغنسيوم وهي أرخص إلي حد ما من القلويات الصوديومية ، ويتم تغذيتها إما على هيئة بودرة أو على هيئة مستحلب . ولأن إذابتها محدودة ، فإنه يتم إضافتها إلي المحلول وتركها لفترة من الوقت مع التقليب حتى يتم التفاعل . وكثير من أملاح الكالسيوم الغير ذائبة تتساوى أثناء عملية المعادلة حيث تخلف جزيئات الجير الغير متفاعل وبالتالي توقف التفاعل قبل أن تستغل هذه المواد بالكامل . ونتيجة لعدم الإذابة فإنه يتكون حجم كبير من الحمأة التي ترسب وتحتاج إلى الترشيع والفصل . وفي بعض الأحيان يحجز هذه الحمأة المتكونة بعض المواد العضوية أو المستحلبة الموجودة في المخلفات وفي هذه الحالة يقوم بدور مواد الترويب (Coagulant) بجانب عملها كمواد للمعادلة وأهم ميزة لاستخدام الجير عن القلويات الصوديومية هي تكلفتها المنخفضة وهو عامل هام في كثير من المنشآت الصناعية.

معادلة المخلفات السائلة القلوية (Neutralization of Alkaline Wastes)

المخلفات السائلة القلوية تنتج من الكثير من الصناعات الكيميائية وكذلك في بعض الصناعات مثل صناعة الورق ، تجهيز النسيج ودباغة الجلود وتكرير البترول . والقلويات عندما تكون بكميات صغيرة فيتم معادلتها بتيار من الماء الطبيعي قليل الحمضية ، أما إذا كانت بتركيز عالي ، فإنها تكون أكثر خطورة عن المخلفات السائلة الحامضية . لذلك فإنها تحتاج معالجة قبل الصرف أو الاستخدام .

المواد الكيميائية المستخدمة (Neutralizing agent)

لمعالجة القلويات بسرعة ولمعادلتها تماماً حتى أس هيدروجيني (pH) عند ٧ أو أقل قليلاً فإنه يستخدم عادة الأحماض المعدنية الأكثر ملاءمة لهذا الغرض . أما إذا كانت عملية المعالجة مطلوب أن لا تكون سريعة وعند أس هيدروجيني أعلى من ٧ فإن أرخص وأنسب الأحماض هو ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ، والذي يصبح حامض كربونيك (H_2CO_3) عند مروره في الماء . وثاني أكسيد الكربون يوجد في غازات الاحتراق ، ولا يحتاج أن يفصل في حالة خالصة أو نظيفة ، إذ لا يحتاج إلا أن يمر على هيئة فقاعات غاز في المخلفات القلوية ، أو أن تمر الغازات في بسرج (عمود) (Tower) عكس تيار من رذاذ المخلفات القلوية أو من خلال طبقات من وسط به مسام (Porous medium) حيث تتدفق المخلفات السائلة فوقه . هذه العمليات تحتاج إلى وحدة نفخ الغازات وذلك لرفع الغاز خلال المخلفات القلوية السائلة ولسحب تيار من (blower) الغازات من أفران الاحتراق حيث يوجد غاز ثاني أكسيد الكربون . وهذه الطريقة أرخص بطبيعة الحال من شراء الأحماض بصفة مستمرة .

أحواض الترسيب الابتدائي (Primary Settling Tanks)

والغرض من أحواض الترسيب الابتدائي هو ترسيب أكبر كمية من المواد العضوية العالقة في المخلفات السائلة - وهي لا تختلف كثيراً عن أحواض الترسيب ، وتعتمد على كثافة المواد العالقة . كثافة الماء ، لزوجة الماء ، شكل المواد العالقة ، حجم المواد العالقة ، سرعة جريان الماء في الحوض ، تركيز المواد العالقة ، مدة بقاء في الحوض ، طريقة تنظيف الحوض .

ويمكن تقسيم أحواض الترسيب إلي نوعين رئيسيين :

(١) أحواض ترسيب ذات تصرف رأسي .

(٢) أحواض ترسيب ذات تصرف أفقي .

كما يمكن تقسيم الأحواض بالنسبة لطريقة التنظيف إلى :

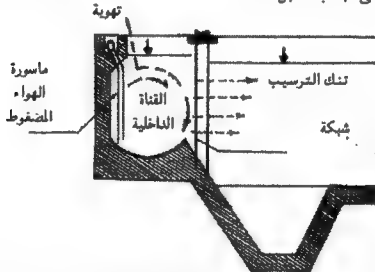
(١) أحواض تنظف يدويا .

(٢) أحواض تنظف هيدروليكياً .

(٣) أحواض تنظف ميكانيكياً .

إلا أنه يلاحظ أنه يتجمع على سطح الماء في أحواض الترسيب للمخلفات السائلة مواد طافية (خبث) . ولذلك يجب أن يعمل الترتيب اللازم لإزالة هذا الخبث وإخراجه من الحوض أسوة بالرواسب التي تتجمع في قاع الحوض .

وفي بعض عمليات التنقية يتم توزيع المخلفات السائلة على الأحواض المختلفة عن طريق قناة ذات قاع علي شكل ربع دائرة تقريباً (شكل ٣٦) ومزودة بمواسير موزعة بكامل طول أحدها لنقلها يخرج من هذه المواسير الهواء المضغوط مما يسبب سير المخلفات السائلة في القناة في حلقة حلزونية وتدخل المخلفات إلى الأحواض خلال فتحات في الجانب المقابل للقناة .



شكل (٣٦) يبين إحدى أنواع توزيع لمخلفات علي شكل نصف دائرة تقريباً

أسس تصميم أحواض الترسيب الابتدائي :

(١) مدة المكث

- أ - أحواض ترسيب لا يعقبها معالجة نهائية للمخلفات : ٢ - ٤ ساعة .
 ب - أحواض ترسيب يعقبها مرشحات الزلط : ٢ - ٢ر٥ ساعة .
 ج - أحواض ترسيب يعقبها أحواض ترسيب الرواسب : ١ر٥ - ٢ ساعة .
 ويمكن الرجوع إلى هذه الأنواع المختلفة في كتاب الهندسة الصحية تأليف الأستاذ الدكتور أحمد فرج أو مبادئ في الهندسة الصحية للدكتور محمد صادق العلوي .

الترسيب الكيميائي (Chemical Precipitation)

وتشبه عملية الترسيب الكيميائي للمخلفات السائلة عملية الترسيب الكيميائي للمياه في إمداد المدن بالمياه فهي تشمل إضافة المرويات إلى المخلفات السائلة في جرعات مناسبة تحدد معملياً وتتراوح بين ٥٠ ، ١٥٠ جزء في المليون حسن نوع المادة المروية ودرجة تركيز المواد العالقة ويتبع في إضافة المرويات إلى المخلفات السائلة ، الخطوات التالية :

- ١ (المزج السريع : لمدة دقيقة في أحواض خاصة .
 - ٢ (المزج البطيء : لمدة تتراوح من عشرين إلى ثلاثين دقيقة .
 - ٣ (الترويق : لمدة تتراوح من ساعة ونصف إلى ساعتين .
- ولزيد من التفاصيل عن هذه الخطوات يمكن الرجوع إلى معالجة مياه الشرب بالترسيب الكيميائي .

وحدة الترويق إنتاج شركة أوتر الإنجليزية (Otter Clarifier)

تعتبر شركة أوتر الإنجليزية من أكبر الشركات المتخصصة في مجال معالجة الصرف الصناعي باستخدام أحدث التكنولوجيا المتقدمة والمتطورة في هذا المجال. ومن أهم نشاطات هذه الشركة الأتي :

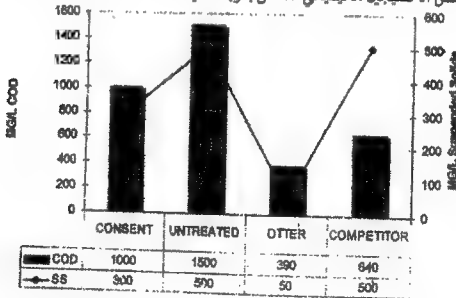
- معالجة ماء الصرف بالمواصفات المطلوبة لصرفها علي المجاري العمومية.
- معالجة ماء الصرف لإعادة استخدامه في العمليات الصناعية (Recycling)

- إعادة استخدام الطاقة الموجودة في ماء الصرف وإعادة استخدامها.
ومثل شركة أوتر الإنجليزية في جمهورية مصر العربية «مكتب التوريدات
صناعية والهندسية العامة (GIES)».

وتقدم شركة أوتر الإنجليزية -علي سبيل المثال- مروق أوتر (Otter Clarifier)
وهذه الوحدة قد صممت لمعالجة كل أنواع وأحجام التصريفات المائية لمصانع
الصباغة خاصة وجميع الاستخدامات الأخرى عامة وبأي كميات للمواد العالقة.
فهو يستخدم في حالة فصل المواد اللزجة والمعاليل التي تحتوي علي مواد غير
ذائبة مثل الزيوت أو خليط من الزيوت والمعلقات الأخرى كما أنه لا يتأثر باختلاف
درجة الحرارة أو الحجم.

ومروق أوتر يستخدم في مجالات متعددة وهي مجال التعدين والصناعات
الغذائية وصناعة الحلوي والصناعات الجلدية وكذلك صناعات الصباغة والتجهيز
وكذلك صناعة السيراميك والفخار.

ومن أهم المشاكل التي تواجه معالجة ماء الصرف هو التحكم في معدل
الأكسجين الكيميائي المتص (COD). وقد أثبتت وحدة الترويق روتر بأنه
يخفض الأكسجين الكيميائي المتص بدرجة عالية



شكل (٣٧) يبين كفاءة وحدة شركة أوتر في خفض COD في مخلفات مصانع
الصباغة بالنسبة للوحدات الأخرى.

التهوية الابتدائية (Pre - aeration tanks)

تتم عملية التهوية الابتدائية للمخلفات السائلة في أحواض تهوية خاصة تسبق أحواض الترسيب الابتدائية - وهي تستعمل إذا كان تركيز المواد العضوية في المخلفات السائلة عالياً - والغرض من هذه التهوية هو إزالة الغازات الناتجة عن التحلل اللاهوائي الذي يكون قد حدث للمواد العضوية أثناء انتقال المخلفات السائلة في شبكات الصرف مدة طويلة وكذلك إكساب المخلفات السائلة بعض الأكسجين الذائب - مما يساعد على زيادة كفاءة خطوات المعالجة التالية لذلك يجب ألا تقل مدة المكث في هذه الأحواض عن عشرين دقيقة ويفضل أن تكون حوالي ثلاثين دقيقة ، وطرق التهوية هي كالآتي :

- ١) استعمال الهواء المضغوط الذي يخرج على شكل فقائيع من فتحات في شبكة مواسير في قاع الحوض .
- ٢) استعمال قلابات ميكانيكية تحدث اضطراباً في سطح الماء مما يجعل الهواء يتخلل جسم المخلفات السائلة .

أحواض حجز الزيوت (Grease removal Tanks)

يفضل في حالة تواجد كمية كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية في المخلفات السائلة أن تفصل هذا المواد عن بقية المخلفات قبل معالجتها بالترسيب الابتدائي إذ أن تواجد مثل هذه المواد قد يعيق كفاءة الترسيب إذ تطفو على سطح الحوض بما التصق عليها من مواد عالقة ، كما أن وجود الزيوت في الماء الخارج من أحواض الترسيب يقلل من كفاءة عمليات المعالجة التي تعقب الترسيب سواء كان ذلك بتنشيط الحماة أو الترشيح .

وتتم إزالة الزيوت في أحواض خاصة تتراوح مدة المكث فيها بين خمسة وخمسة عشر دقيقة - وفي قاع هذه الاحواض توجد شبكة مواسير مثقبة يخرج منها هواء مضغوط مما يساعد على تجميع جسيمات الزيوت مع بعضها وطفوها على سطح الماء في الحوض . وكمية الهواء المطلوب في هذه الحالة حوالي نصف متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

كما أن إضافة الكلور إلى المخلفات السائلة بمعدل ٢ جزء في المليون تزيد من كفاءة عملية إزالة الزيوت - ويمكن إضافة الكلور على هيئة غاز مع الهواء المضغوط أو على هيئة محلول يضاف إلى المخلفات السائلة في مدخل الخوض .

الفصل الثالث

أعمال المعالجة النهائية بالمرشحات

FINAL TREATMENT WORK BY TRICKLING FILTERS

مقدمة

الغرض من أعمال المعالجة النهائية أو المعالجة الثانوية . (Secondary Treatment) كما تسمى أحيانا هو تحليل المواد العضوية الدقيقة العالقة والتي لم ترسب في أحواض الترسيب الابتدائي وكذلك بعض المواد العضوية واللزجة إلى مواد ثابتة صعبة التحلل عن طريق تنشيط البكتريا الهوائية وغيرها من الكائنات الدقيقة التي تعتمد على الأكسجين في حيورتها . لذلك سميت هذه المعالجة بالمعالجة البيولوجية (Biological Treatment) نظراً لاعتمادها على نشاط الكائنات الحية في تثبيت المواد العضوية .

وتشمل أعمال المعالجة البيولوجية للمخلفات السائلة على أحد الخطوات الآتية

(١) حقول أو أحواض البكتريا (Contact Beds)

(٢) مرشحات الزلط العادية (Standard Trickling Filters)

(٣) مرشحات الزلط ذات المعدل العالي أو السريعة (High Rate Trickling Filters)

(٤) الحمأة النشطة (Activated Sludge Treatment)

على أن المخلفات السائلة بعد معالجتها بأحد الطرق السابقة تمر في أحواض الترسيب النهائية ليرسب فيها المواد العضوية العالقة التي تم تثبيتها .

(٥) مرشحات الرمل .

(٦) بحيرات الأكسلة .

ولما كانت هذه العمليات تعتمد على نشاط البكتريا ، فسوف تستعرض فيما يلي بعض المعلومات المتعلقة بالبكتريا ونشاطها .

نشاط الكائنات الحية الدقيقة في عمليات المعالجة الهوائية

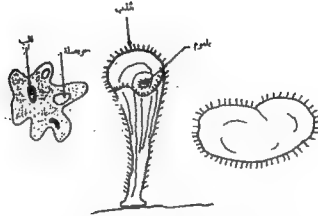
تتواجد الكائنات الحية الدقيقة بصورة طبيعية في مياه المجارى ووجود المواد العضوية كغذاء لهذه الكائنات يجعلها في حالة نشاط وتكاثر مستمر . وتكون البكتريا هي أول هذه الكائنات استخداماً للمواد العضوية ، ويليهما الأوليات التي تتغذى على البكتريا وبعض العناصر الأخرى ؛ ويستمر هذا النشاط في عمليتي الحماية النشطة والمرشحات البيولوجية طالما كان بمياه المجارى في وحدات المعالجة أكسجين ذائب ومواد عضوية تكفي لنشاط ونمو الكائنات الحية الدقيقة .

وتمثل البكتريا والأوليات عاملاً رئيسياً في المعالجة الثانوية للمخلفات السائلة . كما أن البكتريا والفيروسات والأوليات تتسبب في كثير من الأمراض الناتجة من استعمال المياه الملوثة .

والبكتريا كائنات حية وحيدة الخلية أشكالها كروية أو مستقيمة أو سبعية ، وتتواجد منفردة أو في مجموعات مختلفة الأشكال . وتتكاثر البكتريا بالانقسام الشطري للخلية ، بمعنى أن كل خلية تنشطر إلي خليتين جديدتين تكبر كل واحدة منهما وتنشطر أيضاً إلي خليتين في فترة تتراوح بين ١٥ - ٣٠ دقيقة في البيئة التي تتوافر فيها احتياجات البكتريا من الأكسجين والعناصر الغذائية . وتتراوح قطر خلية البكتريا بين (١ / ١٠٠٠) إلي (١ / ١٠٠) مم .

أما حجم الفيروسات فيتراوح بين (١ / ١٠٠٠٠) إلى (٣٠ / ١٠٠٠٠) .

وبالنسبة للأوليات (البروتوزوا) فإنها تنشط فقط في وجود أكسجين ذائب في المياه ، وتتغذى على البكتريا والمواد الناتجة من نشاطها ، وتوجد في البيئة الأكثر ثباتاً والتي يوجد فيها أكسجين ذائب في المياه ، وتقوم الأوليات بعمل توازن في وجود الكائنات الحية الدقيقة . وتوجد الأوليات بأشكال متنوعة ، منها ما هو مبين بالشكل . وتوجد الأوليات عموماً في عمليات الحماية النشطة ، والمرشحات البيولوجية وبحيرات الأكسدة ، والأوليات حيوانات مائية وحيدة الخلية تتكاثر بالانقسام الشطري .



شكل (٣٨) يبين بعض أشكال الأوليات .

العوامل التي تؤثر في نمو الكائنات الحية الدقيقة

من أهم هذه العوامل :

درجة الحرارة

الأكسجين الذائب في المياه

الأس الهيدروجيني .

تركيز العناصر التي تتغذى عليها هذه الكائنات .

وجود مواد سامة لها تأثير على نشاط الكائنات الدقيقة .

كثافة أشعة الشمس والضوء بالنسبة للنباتات التي تقوم بعملية التخليق الضوئي .

ولكى تنمو وتتكاثر الكائنات الحية الدقيقة تحتاج إلى عناصر معينة في المواد التي تستخدمها كغذاء ، أو في البيئة المائية . وتختلف العناصر المطلوبة لنوعية معينة من الكائنات عن الكائنات الأخرى ، كما أن خصائص المسطحات المائية تكون مناسبة لنوعيات من الكائنات الحية . ولا تكون ملائمة للنوعيات الأخرى .

مثال على ذلك البكتيريا الممرضة التي تنشط وتتكاثر في لأجسام البشرية ، ولا يستمر نشاطها وغوها في المسطحات المائية إلا لفترات قصيرة .

ويمكن لنوع معين من الكائنات الحية الدقيقة أن يستخدم جزء من مركب عضوي معقد تاركاً ما تبقى لنوعية أخرى من الكائنات لاستخدامه أو تركه في المياه لأنواع من الكائنات تستطيع التغذية عليه . وتستمر هذه العمليات في صورة سلسلة ، فكل نوع يتغذى على ما هو مناسب له ، وقد يأخذ ما نتج من فصيلة ، ويعطى مانع منه لفصيلة أخرى ، وهذا معناه أن كل فصيلة لها دور خاص بها في بيئة تتوفر فيها العوامل الضرورية لنشاط وغو الكائنات الحية الدقيقة .

كما أن البيئة الملائمة لنوعية من الكائنات الحية ليست هي العناصر الغذائية فقط ، لكن العوامل البيئية الأخرى لها تأثير مباشر أيضاً ، فوجود كائنات حية أخرى مفترسة بالنسبة لفصائل معينة ، يكون له أثره في تكاثر هذه الفصائل ، كما أن الكائنات الحية المفترسة قد تكون هي نفسها ضحية وصيد لثمين لكائنات أخرى وهكذا . وعلى ذلك فإن النظام البيئي الموجود في البحيرات والأنهار أمر غاية في التعقيد إذا ما حاولنا وضع فهم محدد للنشاط البيولوجي له .

تأثير الحرارة

بتضاعف النشاط البيولوجي عند زيادة درجة الحرارة من ١٠ - ١٥ درجة مئوية ويقل هذا النشاط إلى النصف عند انخفاض درجة الحرارة بنفس القيمة وذلك في درجات الحرارة بين ٥ - ٣٥ درجة مئوية .

تأثير الأس الهيدروجيني

تؤثر قيمة الأس الهيدروجيني على عمليات المعالجة الهوائية ويكون نشاط الكائنات الحية الدقيقة (كبر ما يمكن عندما يكون الأس الهيدروجيني متساوياً ٧ أي عندما تكون المياه متعادلة بين القلوية والحامضية . وعموماً يتم تشغيل عمليات المعالجة الهوائية في حدود للأس الهيدروجيني بين (٦.٥ - ٨.٥) فإذا زاد الأس الهيدروجيني عن هذه الحدود لا تستطيع البكتيريا الهوائية القيام بنشاطها ؛ وإذا قل عن هذه الحدود ، فإن الفطريات يكون لها الإمكانية الأكبر من البكتيريا في تحليل المواد العضوية .

١- حقول البكتريا CONTACT BEDS

وحقول البكتريا هي أحواض ذات جدران وأرضية صماء مملوءة بالزلط وكسر الحجارة الصلبة - على أن يعلو طبقة الزلط شبكة من القنوات الخشبية أو الحديدية المملوءة بالاحراض بالمخلفات السائلة - كما يزود قاع الحوض بشبكة من المواسير المفتوحة الوصلات أو المشقبة الجدران لتفريغ مما فيه من مخلفات سائلة علي فترات.

تشغيل حقول البكتريا

تشمل حقول البكتريا علي دورات متقطعة فيملأ الحوض بالمخلفات السائلة بهبطه وعندما يجلىء تنترك المخلفات في الحوض مدة معينة ، ثم تفرغ محتويات الحوض ويبقى فارغاً مدة أخرى وهكذا تتكرر الدورة على النمط التالي :

(أ) مدة الملاء : ساعة .

(ب) الحوض ممتلئ : من ساعة إلي ساعتين .

(جـ) مدة التفريغ : ساعة .

(د) الحوض الفارغ : من ثلاثة ساعات إلي أربعة ساعات .

أي أن دورة التشغيل تستغرق من سعة ساعات إلي ثمان ساعات

نظريية التشغيل

(١) عندما يكون الحوض ممتلئاً ترسب على جدران الزلط أو كسر الحجارة المواد العضوية الدقيقة العالقة في المياه .

(٢) عندما يكون الحوض فارغاً يتخلل الهواء مسام الزلط وتنشط البكتريا الموجودة في المواد العضوية فتعمل علي تثبيت هذه المواد وهكذا تستمر العملية بتكرار تفريغ وملء الحوض .

(٣) تستمر العملية على هذا المنوال إلا أنه بعد بضع دورات يخرج الماء من الحوض محتوي بعض المواد العالقة التي فقدت قدرة التصاقها بالزلط بعد أن تحولت إلى مواد غير عضوية ثابتة قل ضررها أو كاد ينعدم .

وهكذا يظهر أن أهم فترة في دورة التشغيل هي تلك الفترة التي تنشط خلالها البكتريا في امتصاص الأكسجين من الهواء المتحلل لمسام الزلط لأكسدة المواد العضوية إلى مواد ثابتة عديمة الضرر تخرج على فترات متقطعة مع المياه الخارجة من الحوض .

ويستحسن إعطاء حوض البكتريا راحة يوماً واحداً أسبوعياً .

مواصفات أسس حقول البكتريا

١ - العمق : ٧٥ - ١٥٠ سنتيمتراً

٢ - حجم الزلط : منتظم قدر الإمكان : ٥ - ١٠ سم .

٣ - كمية الزلط : تتراوح كمية الزلط من ٢ر٥ م^٣ إلى ٣م^٣ لكل م^٣ من المخلفات السائلة

٤ - حجم الحوض : تقسم كمية الزلط المطلوبة على عدد من الأحواض بحيث تتراوح مساحة حوضه من ١/٢ إلى ٣/٤ فدان وعلي ألا يقل عدد الأحواض عن ثلاثة أو أربعة إلا أنه نظراً لارتفاع التكاليف الإنشائية وللتشغيل المتقطع لهذه الأحواض فقد استعيض عنها بالمرشحات الزلط العادي أو السريعة .

١- مرشحات الزلط (البيولوجية) Trickling filters

تتكون الوحدات من أحواض تنشأ عادة من الخرسانة المسلحة أو مبانى الطوب، وتكون دائرية أو مربعة أو مستطيلة حسب كمية المخلفات السائلة ومساحات الأرض المتوفرة ونوعية المعدات الميكانيكية التى يمكن الحصول عليها. وتغلاء هذه الأحواض بالزلط أو كسر أو الحجارة بأحجام مناسبة ويحمق محدد (شكل ٤٠). وقد بدأ استخدام هذه الطريقة في عمليات المعالجة في عام ١٩١٠

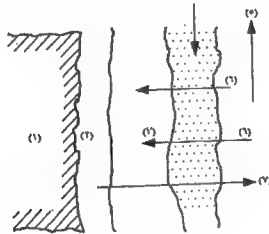
طريقة التشغيل

تعتمد طريقة التشغيل علي نوع المرشح، فبالنسبة للمرشحات المستطيلة، يتم توزيع مياه المجارى علي سطح المرشح بواسطة رشاشات مثبتة علي سطح المرشح، أما في النوع الدائري شكل (٤٠) فيتم توزيع المياه بواسطة مواسير مثقبة تدور بسرعة محددة أثناء دورانها تندفع المياه من الثقوب وتسقط علي سطح المرشح وتتخلل فجوات الزلط أو الحجارة فتتكون علي أسطح هذه المواد طبقة شبه هلامية بها أعداد كبيرة لكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية وتحتوي هذه الطبقات البيولوجية المتكونة بالمرشح علي البكتيريا والأوليات والفطريات والكائنات الأخرى.

ويتركز النشاط الحيوى علي هذه الطبقة التى تتكون علي سطح الزلط مثلا وباستمرار مرور مياه المجارى علي هذه الأسطح يزداد سمك الطبقة البيولوجية ويكون الجزء الداخلى منها بعيدا عن نشاط البكتريا الهوائية وتكون الطبقة الملامسة لسطح الزلط عرضة لنشاط البكتريا اللاهوائية وماينتج عنه من غازات مثل ثانى أكسيد الكربون تساعد مع المياه المتساقطة على غسيل الطبقات البيولوجية من علي أسطح الزلط ، ويساعد على ذلك بعض الكائنات الحية الدقيقة التى تضعف من تماسك الطبقات البيولوجية فتخرج مع المياه إلي أحواض الترسيب الثانوية وتكتسب مياه المجارى الأكسجين أثناء رشها علي سطح المرشح بالإضافة إلي أن نشاط الكائنات الحية داخل المرشح ترفع درجة الحرارة بداخله فيخف كثافة الهواء فيأخذ مسارا من أسفل إلي أعلي ويحل محله هوا جديد وتستمر هذه العملية مع تشغيل المرشح عندما يزد عمقه ويحتاج لمزيد من

التهوية . وفي الأجواء الحارة والدافئة يكون الفرق ضئيلا جداً بين درجة حرارة الجو ، ودرجة الحرارة داخل المرشح وخاصة في الصيف ، ونتيجة لذلك تكون حركة الهواء داخل المرشح معدومة تقريبا ، وفي هذه الحالة يحتاج المرشح إلي طرق أخرى للتهوية .

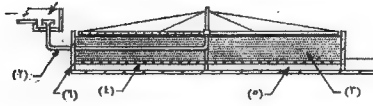
وأثناء التشغيل العادى للمرشحات يمكن اعتبار أن الأكسجين الذى ينتقل من الهواء لمياه المجارى والمتساقطة لا يزيد عن الأكسجين المستهلك بواسطة الطبقة البيولوجية المتكونة على سطح الزلط والعكس صحيح أيضا أى لا يمكن أن يزيد الأكسجين المستهلك بواسطة البكتريا فى الطبقة المتكونة على أسطح الزلط عن الأكسجين الذى تأخذه مياه المجارى من الهواء الملامس لها فى فجوات الزلط .



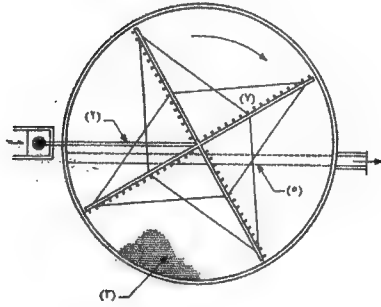
شكل (٣٩)

الانشطة التى تحدث فى المرشحات البيولوجية

- ١ - مادة حشو المرشح
- ٢ - طبقة بيولوجية لا هوائية
- ٣ - طبقة بيولوجية هوائية
- ٤ - قطرات مياه المجارى المتساقطة فى المرشح
- ٥ - الهواء المتجه لأعلى
- ٦ - أكسجين ذائب فى المياه للطبقة البيولوجية
- ٧ - ثانى أكسيد الكربون من الطبقة اللاهوائية



نظام رأسي



مسقط أفقي

شكل (٤٠)

المرشحات البيولوجية

- ١ - غرفة إمداد المرشح بالمياه.
- ٢ - ماسورة تغذية المرشح
- ٣ - زلط أو كسر حجارة أو مواد أخرى
- ٤ - قوالب مفرغة لتجميع المياه
- ٥ - قناة التجميع
- ٦ - فراغات التهوية
- ٧ - الأذرع الموزعة للمياه على السطح

بتقدير أقصى معدل لانتقال الأكسجين من الهواء لمياه المجاري المتساقطة ، يمكن تحديد أقصى معدل لاستهلاك الأكسجين بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وهذا يحدد أقصى تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك في مياه المجارى BOD التي يمكن رشها على المرشحات ، ولهذا تعتمد نسبة المياه المعادة من أحواض الترسيب أو مخارج المرشحات إلى مدخل المرشحات ، وتعتمد على تركيز الـ BOD في مياه المجارى الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي ولهذا السبب أيضاً ترش مياه المجارى على سطح المرشحات بصورة متقطعة .

كما أن الكائنات الحية في المياه المتساقطة خلال المرشح تستهلك أيضاً بعض الأكسجين الذائب في مياه المجارى .

و يتم تشغيل المرشح بمعدل بطيء أو سريع حسب الطريقة المناسبة ، ويؤثر في كلتا الحالتين خواص مياه المجارى والمواد المستخدمة في المرشح ويتحكم في اختيار المادة المناسبة عوامل كثيرة أهمها المساحة السطحية والفجوات بينها ، حيث أن المساحة السطحية تتكون عليها طبقة البكتريا الفعالة فى عملية الأكسدة ، والفجوات تساعد في عملية تهوية مياه المجارى . وتشغيل المرشح يتأثر بصورة مباشرة مع المساحة السطحية لمواد المرشح إذا افترضنا عدم سد الفجوات بين هذه المواد . ويمكن اختيار أحجام المواد التقليدية كالزلط وكسر الطوب بحيث تتراوح بين ٤ - ١٢ سم ، توضع المواد الكبيرة بالقاع وتعلوها المواد الصغيرة .

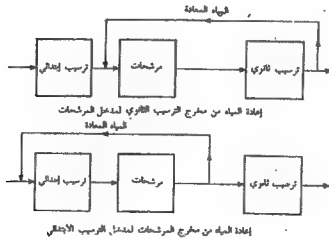
وعموماً فالانجاء السائد حالياً هو استبدال المواد التقليدية التى تستخدم فى المرشحات بمواد خفيفة الوزن ومساحتها السطحية كبيرة ، مثل البلاستيك ومشتقاته ، واستخدام هذه المواد يسمح بزيادة معادلات المرشح زيادة كبيرة تغطى زيادة التكاليف الناتجة من استعمال هذه المواد بتوفير مساحات الأرض وخفض وزن المواد التقليدية كالزلط وإنشاء مرشحات بعمق أكبر بدون أى مشاكل إنشائية . وتوجد أشكال كثيرة من هذه المواد منه الألواح المتعرجة والاسطوانية وأشكال أخرى تعطى أكبر مساحة ولا تعوق التهوية وتساعد على تكوين القشرة البيولوجية على سطحها ويمكن وضع ألواح بلاستيك راسية بارتفاع يصل ١٢ متر ومعدلات هيدروليكية كبيرة جداً .

و يتم تجميع المياه من قاع المرشح بمساعدة ميول سطح أرضية القاع في اتجاه

قناة تجميع طولية في منتصف المرشح ، وفى بعض المرشحات تستخدم قناة تجميع بهيكل الحوض بين حائطين خارجيين لاستقبال المياه من الطوب المفرغ بالقاع ، وهذه القناة الدائرية تكون أفضل في عملية التهوية المطلوبة للترشيح .

مرشحات ذو معدل عالي (High Rate Trickling Filter)

تختلف المرشحات البيولوجية ذات المعدل العالي عن المرشحات العادية في معدلات الأحمال العضوية والهيدروليكية وطريقة التشغيل ، حيث يصل الحمل الهيدروليكي لأكثر من عشر أضعاف ، والحمل العضوي لحوالي خمسة أضعاف أحمال المرشحات العادية . ولتشغيل المرشحات بصورة عملية يتم إعادة نسبة كبيرة من المياه الخارجة من المرشحات أو أحواض الترسيب النهائية إلى مدخل أحواض الترسيب الابتدائي أو المرشحات . وتعتبر إعادة هذه المياه عامل أساسى في تشغيل المرشحات ، ويمكن إعادة هذه المياه بطرق كثيرة تعتمد على خواص مياه المجارى ودرجة المعالجة المطلوبة وتكوين المرشح ، ومن هذه الطرق ما هو مبين بالرسم التخطيطي . وأحيانا تكون المرشحات البيولوجية مرحلتين بدلاً من مرحلة واحدة ، وذلك في الحالات التى تكون المخلفات السائلة بها نسبة عالية من المواد العضوية ، وتكون درجة المعالجة المطلوبة عالية نسبياً .



شكل (٤١) مرشحات ذو مستوى عالي

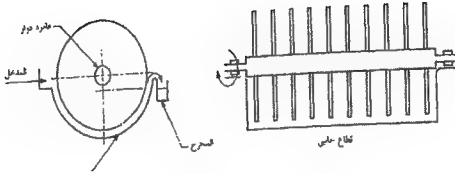
الأقراص البيولوجية الدوارة Rotating Biological Contactors

تتكون من أقراص دائرية خفيفة الوزن تدور بسرعة بطيئة مغمورة لمتنصفها تقريباً في حوض قاعة أبطواني به مياه المجارى . وتصنع هذه الأقراص عادة من بعض أنواع البلاستيك وأثناء التشغيل تكون الأقراص مغمورة إلى أسفل عمود الدوران المثبت في مركز الأقراص بحيث ينغمر ٤٠٪ من مساحة سطحها في مياه المجارى أثناء الدوران . إلا أنه نتيجة لهذا الدوران فإن جميع أسطح الأقراص الدوارة تتكون عليها طبقة بيولوجية تقوم بعملية المعالجة مع غمر الأقراص في مياه المجارى ثم تعرضها للجو مبتلة بقطرات من المياه . وتساعد حركة الأقراص في نزع هذه الطبقة كلما يزيد سمكها .

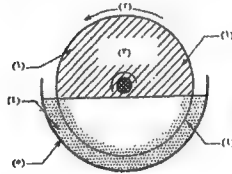
وتكون هذه الطبقة البيولوجية بسمك ١ - ٤ سم وتسقط الطبقة البيولوجية من على السطح كلما زاد سمكها بدرجة تعتمد على سرعة الدوران . وتشبه الطبقة البيولوجية على أسطح الأقراص الدوارة تلك الطبقة التي تتكون في المرشحات البيولوجية على سطح الزلط أو مواد الحشو الأخرى ، ولكن الأقراص الدوارة قد تكون أكثر كفاءة نظراً لأنه عند دورانها يتعرض نسبة من سطحها للهواء الجوى فتكتسب قطرات المياه على سطحها بعضاً من الأكسجين الجوى ثم تنغمس هذه الأسطح في مياه المجارى فتساعد على إتمام عملية الأكسدة .

ويبين شكل (٤٢) رسم تخطيطي لهذه الأقراص ولتحتاج هذه الطريقة مثل باقى طرق المعالجة البيولوجية إلى أحواض ترسيب نهائى .

وتزيد التكاليف الإنشائية لهذه الطريقة بنسبة ٢٠٪ عن طريقة الحماة المنشطة إلا أن تكاليف التشغيل والصيانة أقل بالنسبة للأقراص الدوارة .



شكل (٤٢) الأقراس البيولوجية



قطاع توضيحي في الأقراس البيولوجية

شكل (٤٣) قطاع توضيحي في الأقراس البيولوجية

- ١ - سطح الأقراس مغطاة بالكائنات الحية الدقيقة
 - ٢ - اتجاه الدوران
 - ٣ - المساحة المعرضة للتهوية في الجو
 - ٤ - المخلفات السائلة
 - ٥ - حوض نصف إسطواني للمخلفات السائلة.
- ويمكن الرجوع إلى كتاب هندسة الصرف الصحي للدكتور محمد صادق العدوي -
كلية الهندسة - جامعة الأسكندرية.

٣- المعالجة النهائية بطريقة الحمأة المنشطة ACTIVATED SLUDGE TREATMENT

تتم معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة بتهوية وتقليب هذه المخلفات بعد خلطها بنسبة معينة من الحمأة النشطة - وهي الرواسب التي تجمعت في حوض الترسيب النهائي - في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية (aeration tanks) وينتج عن ذلك امتصاص الخليط للأكسجين من الهواء واستعمال البكتريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى هذا الأكسجين في تثبيت المواد العضوية العالقة والذائبة وتحولها إلى مواد غير قابلة للتحلل كما يؤدي التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد العالقة الدقيقة (coagulation) أي تجميع هذه وتلاصقها في حبات أكبر (flocs) يسهل ترسيبها في حوض الترسيب النهائي.

ولابد لنجاح المعالجة بهذه الطريقة من إضافة الحمأة المنشطة السابق ترسيبها في حوض الترسيب النهائي ، نظراً لما تحتويه هذه الحمأة من الملايين من البكتريا الهوائية التي تكون مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة العامل الرئيسي لنجاح عملية التنقية ، وبذلك تختلف طريقة الحمأة المنشطة عن طريق المرشحات الزلطية العادية أو السريعة في الوسط الذي تعيش وتتكاثر فيه البكتريا التي هي أساس نجاح التنقية ، فبينما يتم تكاثر البكتريا في المرشحات الزلطية على سطح الزلط ومن ثم تقوم بأكسدة المواد العضوية التي تلتصق بسطح الزلط أثناء تسرب المخلفات السائلة مسام المرشح، فإن هذه الطريقة يتم تكاثر البكتريا على سطح جسيمات الحمأة المعادة من أحواض الترسيب خلال مسام المرشح ، ويستمر نشاط هذه البكتريا وأكسدة المواد العضوية طالما استمرت التهوية والتقليب ، وبعد انتهاء فترة التهوية يمر الخليط بأحواض الترسيب النهائي حيث ترسب الحمأة ، ليعود بعض منها إلى حوض التهوية بينما يوجه الباقي لأحواض معالجة الحمأة ثم التخلص منها .

طرق التهوية (Method of aeration)

تتم التهوية في أحواض خاصة يلتقي في مدخلها المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائي مع الحمأة المعادة من حوض الترسيب النهائي ، لتبقى في الحوض فترة تتراوح من أربعة إلى ثمانية ساعات تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدي وظيفتها في أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

وتتم عملية التهوية والتقليب بإحدى الطرق الثلاثة الآتية :

١ - التهوية بالهواء المضغوط (Compressed air)

٢ - التهوية الميكانيكية (Mechanical aeration)

٣ - التهوية بطرق مشتركة أى بالهواء المضغوط وميكانيكية في نفس الوقت (Combined aeration)

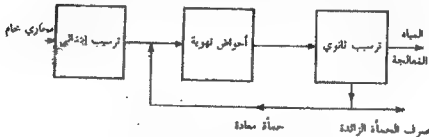
وفى أي من هذه الأحواض يجب أن تتوافر الشروط الآتية :

١ - توافر الأكسجين في جميع أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتريا الهوائية في أكسدة وتثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة غير قابلة للتحلل بسهولة .

٢ - تقليب مستمر ينتج عنه ترويب المواد العالقة الدقيقة لتكون مواد أكبر حجماً يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب النهائية .

٣ - تقليب بشدة كافية تمنع ترسيب المواد العالقة من الهبوط إلى قاع الحوض خوفاً من تراكم هذه المواد الذى ينتج عنه تعارض مع استكمال عملية الأكسدة .

كما يمكن تقسيم المهمة التى يودها حوض التهوية إلى ثلاثة مراحل :



شكل (٤٤) يبين وضع أحواض التهوية

١- الترويق (Clarification)

وهي المرحلة الأولى - وتتميز بالتجاذب السريع بين حبيبات المواد العضوية ولا يشترط أن يسود الأكسجين فيها وتكفي مدة تتراوح من ١٥ - ٤٥ دقيقة للحصول على نتائج حسنة في هذا المجال .

٢- الأكسدة (Oxidation or activation)

وهي المرحلة الثانية - وتتم الأكسدة بفعل القوى البيولوجية وتزويد البكتريا بكمية من الأكسجين لتنشيطها والاحتفاظ بها نشيطة باستمرار - وتبتدى عملية الأكسدة بسرعة عالية ثم تأخذ في الانبطاء قليلاً لمدة تتراوح من ساعتين إلى خمس ساعات ثم تأخذ سرعتها في الهبوط باستمرار .

٣- النتازة (Nitrification)

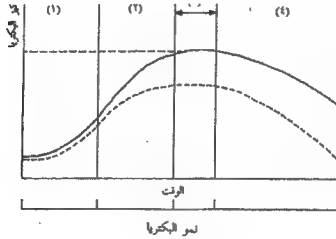
وهذه تبتدى بانتهاء الخطوة الأولى (الترويق) وبعد أن بدأت عملية الأكسدة في الحوض بفترة قصيرة وتستكمل هذه المرحلة بعد فترة تصل إلى ثمان ساعات أحياناً .

وفي عملية الحماة المنشطة يساعد نشاط الأوليات في التخلص من الخلايا البكتيرية الميتة ونواتجها ، حيث تحتاج خلية البروتود إلى عدة آلاف من الخلايا البكتيرية في تكاثرها مرة واحدة وهذا يساعد الخلايا البكتيرية الجديدة على زيادة نشاطها في أكسدة المواد العضوية ، ويحسن من الخواص الرسوبية للمواد العالقة في أحواض الترسيب الثانوية .

ويلزم المحافظة على إعداد أو تركيزات كافية من البكتريا في عمليات المعالجة الهوائية وهو عامل أساسي في كفاءة المعالجة ، فإذا تم عمل تهوية مستمرة لمياه المجارى فقط ، فإنها قد تحتاج لمدة تصل لعدة أيام لتحصل على كفاءة لا تزيد عن ٧٥٪ في إزالة المواد العضوية ، مع أن أكسدة وتجميع المواد العضوية لا تحتاج إلا لعدة ساعات إذا كان بمياه المجارى التركيز الكافى من الخلايا البكتيرية والأكسجين الذائب ، ويمكن توفير هذه الظروف في أحواض التهوية ، حيث تحتوي هذه الرواسب على أعداد كبيرة من البكتريا الهوائية تقوم بعملية أكسدة وتجميع

المواد العضوية في أحواض التهوية بصورة تساعد على ترسيب هذه المواد في أحواض الترسيب الثانوية .

ويبين شكل (٤٥) خصائص النمو للبكتريا عموماً حينما يوضع تركيز صغير من البكتريا في سائل به مواد عضوية ، فتبدأ البكتيريا بعد وقت قصير في التكاثر بطريقة الانشطار . حتى تزيد من الخلايا البكتيرية بمعدل متزايد يعتمد على تركيز العناصر الغذائية في المياه ، فالجزء رقم (١) في المنحنى يكون معدل النمو متزايداً وسريعاً لتوافر العناصر الغذائية في المياه .



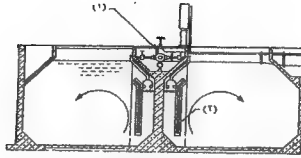
شكل (٤٥) نمو البكتريا

وعندما يقل تركيز المواد العضوية بالنسبة لعدد البكتريا المتزايد ، يبدأ معدل النمو في الانخفاض في المرحلة رقم (٢) ليصل إلى تركيز ثابت في المرحلة رقم (٣) ، والتي تكون فيها العناصر الغذائية غير كافية ، ويظل عدد الخلايا البكتيرية الحية شبه ثابت تقريباً ، وفي المرحلة رقم (٤) يقل تركيز كل من الخلايا البكتيرية الحية والميتة ويحدد تركيز البكتريا الحية ومعدل تناقصها .

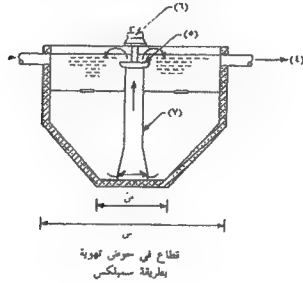
وعملية الحماية المنشطة أكثر كفاءة من المرشحات البيولوجية ولكنها تحتاج إلى مهارة في التشغيل بواسطة الفنيين على اختلاف مستوياتهم ، ولذلك فمتابعة تشغيل هذه الطريقة له أهمية خاصة مهما كانت وحداتها مصممة ومنفذة بدرجة فنية عالية ، ومن أهم العوامل التي يجب أن يتبعها قسم التشغيل محطة

المعالجة:

- ١ - التغيير فى معدل تصرفات مياه المجارى التى تدخل محطة المعالجة .
 - ٢ - التغيير فى معدل تركيزات المواد العضوية ومكونات مياه المجارى الأخرى.
 - ٣ - تركيز المواد العالقة بأحواض التهوية ونسبة المواد المتطايرة بها .
 - ٤ - نسبة الرواسب المعادة وتركيز المواد العالقة بها .
 - ٥ - تركيز الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية .
 - ٦ - كفاءة التقليل فى أحواض التهوية .
- والعامل الأخير له أهمية أساسية لعدة أسباب :
- أ - يساعد على إمداد مياه المجارى في أحواض التهوية بالأكسجين الذائب ويساعد على خلط هذا الأكسجين فى محتويات الأحواض .
 - ب - يساعد التقليل على استمرار التلامس بين الكائنات الحية الدقيقة ، وكل من الأكسجين الذائب والمواد العضوية ويجعل مكونات الحوض متجانسة .
 - ج - يمنع المواد العالقة من الترسب في قاع الحوض ويجعل مكونات الحوض فى صورة تقليل مستمر .
- وتعتبر هذه الطريقة من الناحية البيولوجية ، فعالة ونشطة لأن الكائنات الحية الدقيقة سواء بمفردها أو في المواد العالقة تظل في حالة حركة ، وتقليل يساعد ذلك على تجديد مكونات المياه حولها ، وبالتالي يتوفر الأكسجين الذائب والمواد العضوية لخلايا البكتيريا بصفة مستمرة ، وتتم عملية التقليل والتهوية ، باستخدام الهواء المضغوط أو بأي طريقة ميكانيكية تؤدي نفس الغرض .
- ويبين شكل (٤٦) أنواع مختلفة من أحواض التهوية بالهواء المضغوط ، وبعض الطرق الميكانيكية وقد أدخلت تعديلات كثيرة على تشغيل هذه الطريقة لتحسين كفاءتها والتحكم فى بعض مشاكلها .



قطاع في أحواض تهوية بالهواء المضغوط



قطاع في حوض تهوية
بطريقة سيفون

شكل (٤٦)

- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| ١ - ماسورة الهواء المضغوط الرئيسية | ٢ - موزعات الهواء في الأحواض |
| ٣ - المدخل | ٤ - المخرج |
| ٥ - مروحة مخروطية | ٦ - عامود أو محرك التشغيل |
| ٧ - ماسورة السحب . | |

ويوضح شكل (٤٦) الطرق الشائعة في عملية التهوية ، إما بالهواء

المضغوط باستخدام ناشرات هواء أو موزعات هواء ، أو بالطرق الميكانيكية ومن أفضلها طريقة سمبلكس ، وتعتمد هذه الطريقة على شفط المياه خلال ماسورة رأسية ورشها على السطح وخلال عملية رش المياه وتقليبها في الحوض تتم عملية إمداد المياه بالأكسجين الذائب وتهيئة البيئة المناسبة للكائنات الحية الدقيقة لتقوم بعملها ، ولا تختلف أسس التصميم في هذه الحالة عن طريقة التهوية بالهواء المضغوط إلا في مقاييس الأحواض ويمكن الرجوع إلى هذا الموضوع بالتفصيل في كتاب الهندسة الصحية للأستاذ الدكتور محمد أحمد على فرج أو كتاب مبادئ في الهندسة الصحية للدكتور محمد صادق العدوي .

عملية التهوية والمرج

تعتمد عملية امتصاص المياه للأكسجين الذائب في الهواء المضغوط على العوامل الآتية :

- ١ - المساحة السطحية لفقااعات الهواء الخارجة من فتحات التهوية .
- ٢ - تركيز الأكسجين الذائب في المياه المحيطة بفقااعات الهواء .
- ٣ - فترة التلامس بين فقااعات الهواء والمياه .

وتعتمد المساحة السطحية لفقااعات الهواء على الثقوب التي يخرج منها الهواء ولكن في حالة الثقوب الكبيرة فإن الفقااعات التي تخرج منها يمكن أن تنشط إلى فقااعات أصغر أثناء حركتها لأعلى واحتكاكها بالمياه فيزيد ذلك من مساحتها السطحية الكلية ، ولكن معدل أو طبيعية انشطار فقااعات الهواء الكبيرة وكذلك درجة التقليب هي التي تحدد مدى الاستفادة من عملية التهوية .

أهمية النتروجين والفسفور في عملية الحمأة المنشطة العادية

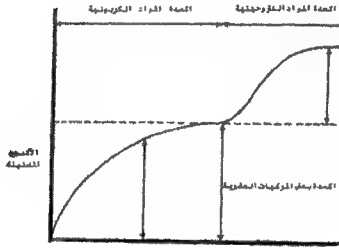
تحتاج عملية المعالجة البيولوجية إلى وجود عناصر مثل النتروجين والفسفور في المخلفات السائلة ، وهذه العناصر موجودة أصلاً في مياه المجارى المنزلية بتركيزات كافية ، إلا أن مخلفات صناعية كثيرة لا تحتوي على هذه المواد .

ويفضل لتشغيل هذه الطريقة بكفاءة ألا تقل نسبة النتروجين والفسفور إلى الأكسجين الحيوي المستهلك المطلوب إزالته عن ١ : ٢٠ بالنسبة للنتروجين ،

١:١٠٠ بالنسبة للفسفور .

الأكسجين المطلوب لتثبيت النتروجين (Nitrification)

تبدأ أكسدة المواد النتروجينية عادة بعد أكسدة المواد الكربونية كما يبين شكل (٤٦) بمعدل أبطأ . وتحتاج أكسدة المواد النتروجينية إلى أكسجين ذاتي، مما يضيف حملاً إضافياً إلى عملية التنقية أو المسطحات المائية التي تصرف فيها المياه المعالجة ويجب أخذ هذه الحقيقة في الاعتبار عند تصميم عمليات المعالجة .



شكل (٤٧) الأكسجين المستهلك في أكسدة المواد الكربونية والنتروجينية

وفي الوحدات الإنتاجية يلزم التأكد من أكسدة النتريت إلى نترات



لأن الأكسجين اللازم لهذا التحويل يحتاج إلى كميات كبيرة من الأكسجين التي سوف تؤثر على كميات الأكسجين التي تحتاجها البكتيريا تثبيت المواد العضوية .

الفصل الرابع العمليات الإضافية

وتشمل هذه العمليات الآتية :

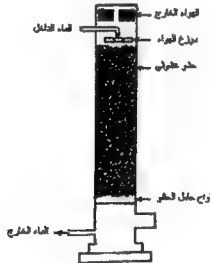
- ١- الاستخلاص الهوائي
- ٢- الادمصاص بالكربون
- ٣- المعالجة باستخلاص البخار
- ٤- الأكسدة الكيميائية
- ٥- التناضح العكسي
- ٦- الديليزة الكهربائية

١ - الاستخلاص الهوائي (Air Stripping)

عملية استخلاص المواد المتطايرة بالهواء هي طريقة انتقال للمادة القابلة للتطاير من الماء عن طريق إمرار تيار من الهواء خلال الماء لتحسين الانتقال بين الوسط الهوائي والمائي .

وطريقة الاستخلاص بالهواء هي إحدى الطرق الأكثر شيوعاً لعلاج المياه الجوفية الملوثة بمركبات متطايرة مثل المذيبات .

والطريقة تعتبر مثالية للتركيزات المنخفضة (أقل من ٢٠٠ ملجرام / لتر) وطريقة الاستخلاص بالهواء يمكن أن تتم باستخدام أبراج (Towers) أو نظم الرش (Spray system) أو تهوية بالنفاذ (Diffused aeration) أو تهوية ميكانيكية ، والأبراج تستخدم عموماً لبعض الاستخدامات الخاصة لمعالجة المياه الجوفية ، والشكل (٤٨) يبين إحدى هذه الأبراج المشحونة (Packed Tower) وتوجد هناك أنواع أخرى من نظم الاستخلاص بالهواء .



شكل (٤٨) عمود الاستخلاص الهوائي

والطريقة تتكون من تيار معاكس من الماء والهواء خلال المادة الحاشية (Packed material) ومادة الحشو تتيح مساحة أسطح كبيرة للمركبات المتطيرة للتحويل من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية .

وكما في الشكل فإن تيار الماء الملوث يتم دفعه من أعلى ويتم توزيعه بانتظام فوق مادة الحشو بينما تيار الهواء يتم دفعه من أسفل إلى أعلى العمود ، ومواد الحشو المستخدمة تتكون من أشكال من البلاستيك التي لها نسبة مساحة سطحية إلي الحجم عالية والذي يتيح السطح اللازم لتحويل المركبات المتطيرة لتتحول من تيار السائل إلى تيار الهواء ويخرج الهواء من أعلى العمود ، وتيار الماء من أسفل.

٢-٢.الادمصاص بالكربون (Carbon Adsorption)

الادمصاص هي عملية يتم فيها فصل الملوثات من الماء عن طريق التماس مع سطح صلب ، ومواد الادمصاص (التي يتم على سطحها ترسيب الملوثات) والتي تستخدم بكثرة في مجال البيئة هو الكربون (Carbon) لما يتميز به من مساحة الأسطح الكبيرة بالنسبة لوحدة الوزن وذلك بعد تجهيزه وإعداده بالشكل المناسب (الكربون النشط) .

وعن طريق الدراسات المكثفة أمكن الحصول على نوعيات مختلفة من الكربون ذات درجات مختلفة من الادمصاص ، والكربون النشط يوجد إما على هيئة حبيبات (Granular) أو على هيئة بودرة. والكربون على هيئة حبيبات هو الأكثر استخداما في إزالة مجال كبير من المركبات العضوية السامة من المخلفات السائلة والمياه الجوفية، أما الكربون البودرة فإنه عادة يستخدم في نظم المعالجات البيولوجية.

وتتم هذه العمليات عن طريق استخدام جهاز للتلامس (Contactor) كما في الشكل (٤٩) وهو عبارة عن عمود خارجي به ألواح من البلاطيم (Planum) يوجد بينها حبيبات الكربون النشط ، يتم تغذية العمود بالماء الملوث من أعلى العمود ويخرج الماء المعالج من أسفل العمود خلال فتحة تصريف.

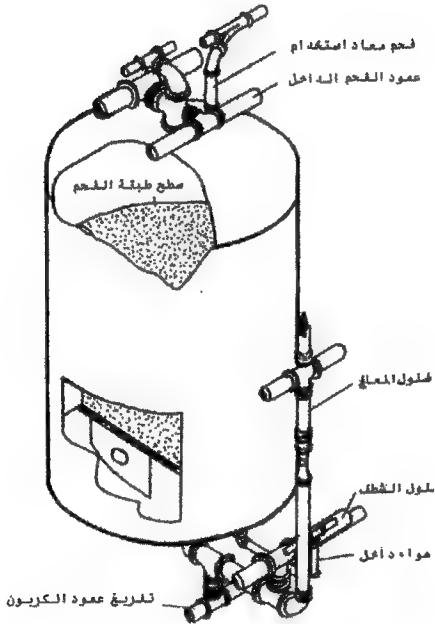
والعمود مجهز بنظام لغسيل الكربون النشط بعد الاستخدام أو لتنشيطه وكذلك إضافة كربون نشط جديد .

وهذه العملية مستمرة حيث تتكون من عدة وحدات متصلة كما في الشكل (٥٠) ، وهناك أيضا نظم مختلفة لهذه العملية حيث يمكن دفع المحلول الملوث من أسفل إلى أعلى ، وفي هذه العملية تكون الأعمدة متصلة على التوازي كما في الشكل (٥٠ ب) ، بينما في الأعمدة ذات الدفع من أعلى ، فإن الاتصال يكون على التوالي وهناك أيضا نظام الطبقات المتحركة ، حيث يتم تحريك المحلول بنظام التيار المعاكس (Counter Flow) ويتم إضافة الكربون النشط الجديد من أعلى ويتم إزالة الكربون المستعمل في أسفل كما في الشكل (٥٠ ب) والماء الملوث يتم دفعه من أسفل وخروجه من أعلي .

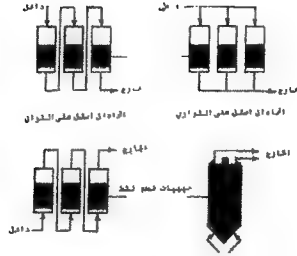
ونظام المعالجة بالادمصاص باستخدام الكربون النشط هو تكتيك متطور قادر على إزالة مجال واسع من المركبات العضوية الذاتية وكذلك قادر علي انتاج نوعية من الماء المعالج علي درجة من الجودة والتي يمكن أن تستعمل للشرب .

وفي كل النظم السابقة تستخدم حبيبات الكربون (Granular activated Carbon) وهناك عوامل تؤثر علي عملية الادمصاص بالكربون يمكن تلخيصها كما في الجدول المرفق.

العامل المؤثر	التأثير الناتج
الإذابة	المواد الأقل إذابة تدمص أكثر من المواد الأكثر إذابة
التركيب الكيميائي	السلسلة المتشعبة (branched chain) الأكثر أدمصاصاً من السلاسل الطويلة.
الوزن الجزيئي	الجزيئات الكبيرة أكثر أدمصاصاً من الجزيئات الصغيرة.
القطبية	الأقل قطبية (المركبات العضوية / ضعيفة التأين) تدمص بسهولة عن الأكثر قطبية (الأكثر تأين)
درجة التشبع	المركبات العضوية / الغير مشبعة (التي تحتوي علي أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية تدمص أكثر سهولة من المركبات المشبعة) (saturated)



شكل (٤٩) رسم توضيحي لوحدة المعالجة بالادمصاص



شكل (٥٠) يبين نظم الادمصاص بالكربون النشط

حيث أن : الشكل (٥٠ أ) يكون الاتصال علي التوالي

(٥٠ ب) يكون الاتصال علي التوازي

(٥٠ ج) يكون الدفع من أسفل علي التوالي

(٥٠ د) يتكون العمود من نظام الطبقات المتحركة

ففى هذا الشكل نجد أن الجزء السفلى من عمود الاستخلاص يعرف بجزء الاستخلاص (Stripping Section) أما الجزء العلوى من العمود ، أعلى نقطة التغذية - فيعرف بجزء التنقية (Rectifying section) ، وفى هذا الجزء يتم تركيز المواد العضوية في البخار - إلى النقطة التى ينفصل عندها المادة العضوية في وحدة الفصل (Decanter) ، وفى وحدة الاستخلاص ، يتم تسخين الماء الملوث المغذى للوحدة إلى قرب الغليان باستخدام وحدة مبادل حراري (Heat exchanger) باستخدام الماء الخارج من عملية الاستخلاص من أسفل العمود ، وما التغذية المطلوب معالجته يدخل العمود ويخرج إلى أسفل خلال منطقة الاستخلاص ويخرج البخار في اتجاه معاكس إلى أعلى ويعمل عند درجة حرارة أعلى قليلاً من درجة حرارة الغليان للماء وتحت ضغط واحد جوى وعادة تكون درجة الحرارة من 120°C إلى 105°C ويكون الفرق في الحرارة من أعلى إلى أسفل العمود في حدود عدة درجات مئوية .

وعند درجات الحرارة العالية داخل العمود ، فإن المركبات العضوية الموجودة في الماء تتبخّر وينتج عنها ضغط بخار أعلى عنه في درجات الحرارة المنخفضة ، ومن ثم تتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية مكونة غازات تتصاعد إلى أعلى العمود مع البخار ليخرج من قمة العمود حيث تتكثف المواد العضوية وتتحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة في المكثف لينفصل إلى طبقتين إحداها المواد العضوية ، وهذه الطبقة إما أن تكون العليا أو السفلى تبعاً لكثافة هذه المادة ، حيث تتم فصلها ، أما الطبقة السائلة فيتم تغذيتها مرة أخرى من قمة العمود ، حيث يكون هذا السائل مشبعاً بالمادة العضوية ، حيث أن تركيز المادة العضوية في هذه الطبقة يكون في حالة تعادل مع السائل العضوي في وحدة الفصل .

وهناك طريقة أخرى للاستخلاص ولكن تعمل تحت ضغط منخفض ، حيث تشابه تماماً الوحدة التى تعمل عند الضغط الجوى إلا أنه نتيجة الضغط المنخفض فإنها تعمل عند درجات حرارة أقل في حدود 60°C إلى 82°C .

٤. الأكسدة الكيميائية (CHEMICAL OXIDATION)

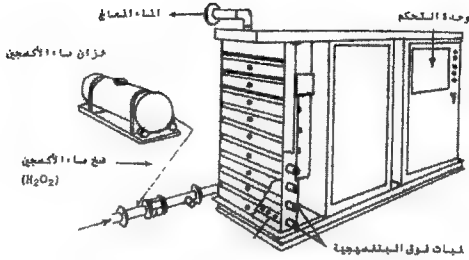
الغرض من هذه العملية - الأكسدة الكيميائية - هو أكسدة المواد السامة في ماء الصرف الصناعي بإضافة مادة مؤكسدة إلي مركبات، الفضلات السامة في محاليل الصرف والقابلة للتغيير كيميائيا .

فعلى سبيل المثال ، يمكن معالجة جزء من هذه المواد بمادة أكسدة مناسبة ، فيتحول إما إلي ثانى أكسيد الكربون والماء أو مركب وسيط أقل سمية أو أن يكون قابل للتحليل بيولوجيا في المراحل الثالثة .

ومعالجة ماء الصرف الصناعي بالأكسدة الكيميائية هي تكنولوجيا مدروسة جيدا وقادرة على تدمير مجال واسع من الجزيئات العضوية القابلة للتبخير والفينول وكذلك بعض المركبات الغير عضوية مثل السيانييد (Cyanide) .

وفي هذا الجزء سوف يتم التركيز على المؤكسدات التى تستخدم للمواد السامة وهى الأوزون (Ozone) وماء الأكسجين (H_2O_2 Hydrogen Peroxide) والكلور (Chlorine) والأشعة فوق بنفسجية (Ultraviolet UV) التى تستخدم عادة إما مع الأوزون أو ماء الأكسجين .

وتتم عملية الأكسدة في تنكات (Tanks) أو مقاعات مزودة بخلاطات حيث يتم تغذية الماء الملوث من أحد جانبي التانك والماء المعالج من الجانب الآخر ، والمادة المؤكسدة يتم تغذيتها أما أن تدفع مع الماء الملوث قبل دخوله التانك بلحظات أو أن يتم إضافته مباشرة إلي التانك ويتم خلط الماء الملوث مع المادة المؤكسدة ، إما بخلاطات ميكانيكية أو بدفع هوا مضغوط أو عن طريق فقاعات الهواء ، يلزم أن يكون هناك خلط كامل وفى أقل وقت ممكن وبكفاءة عالية ليتم التلامس بين المادة المؤكسدة والملوثات المطلوب أكسدتها .



شكل (٥٢) لنظام الأكسدة الكيميائية

بأستخدام ماء الأكسجين والموجات فوق البنفسجية (UV)

المواد المؤكسدة وتأثيرها على المواد السامة

لقد سبق أن أشرنا أنه سوف يتم التركيز على المواد المؤكسدة التي تستخدم لأكسدة المخلفات وهي الأوزون وماء الأكسجين وكذلك الكلور ، وفيما يلي سوف نبين تأثير كل منها على هذه المواد .

١- الأوزون (Ozones)

يستخدم الأوزون منذ زمن بعيد كمادة مطهرة للمادة وكذلك استخدامه في معالجة ماء الصرف الصناعي وهو غاز لونه أزرق عند الضغط ودرجة الحرارة العادية ، وهو غاز ذو تأثير على الأغشية المخاطية ويسبب تلوث الجو الموجود به ، والأوزون مادة مؤكسدة قوية وقادرة على التفاعل مع أكثر المواد سمية ، ومعظم نواتج الأكسدة أقل سمية وقابلة للأكسدة البيولوجية .

والتفاعل بين الأوزون والمركبات العضوية تشمل إدخال الأكسجين في حلقة البنزين وتكسير الرابطة الثنائية وأكسدة الكحولات ونتيجة لتكسير الرابطة الثنائية بتأثير الأوزون ينتج عنها الألدهيدات والكيثون (Aldhydes & Ketons)، أما الكحولات فتتفاعل مع الأوزون لتكوين أحماض أمينية .

والأوزون يتم إنتاجه من الأكسجين الجوى باستخدام طاقة كهربائية وذلك لشطر جزئ الأكسجين إلى ذرتين نشطتين (O^{\cdot})، وتتفاعل ذرة الأكسجين النشط مع جزئ أكسجين (O_2) لتكوين الأوزون (O_3) والأوزون غير ثابت تحت الظروف الطبيعية حيث يعود مرة أخرى إلى مكوناته .

ويضاف الأوزون إلي المخلفات السائلة على هيئة غاز وذلك أسفل التانك باستخدام باث حيث يتفاعل الأوزون مع الرابطة الثنائية لتكوين الألدهيد والكيثون .

كما يتفاعل الأوزون مع الفينول مكونا حامض أوكساليك (Oxalic acid) وتلعب الأشعة فوق البنفسجية UV(Ultra Violet) دوراً في هذا التفاعل.

٢- ماء الأكسجين (Hydrogen Peroxide)

يستخدم ماء الأكسجين في أكسدة المواد العضوية السامة بنفس أسلوب تفاعل الأوزون ولكن في وجود الحديد كمادة تنشيط (Fenton's reagent) حيث تتكون مجموعة الهيدروكسيل (OH^{\cdot}) وهذه المجموعة تتفاعل مع المركبات العضوية لتعطى أيون المادة العضوية نشط (R^{\cdot})



والأيون النشط هذا (R^{\cdot}) يتفاعل مرة أخرى لينتج مجموعة هيدروكسيل إضافية



ولقد أثبتت التجارب أن ماء الأكسجين قادرة على معالجة محاليل مخلفات مصانع البويات التي تحتوي على كلوريد الميثيلين (Methylene Chloride)

حتى ١٠٠٠ ملليجرام / لتر والفينول حتى ٦٠٠ ملليجرام / لتر والكروميوم
السداسي حتى ٤٠٠ / لتر .

وماء الأكسجين عادة يتفاعل في وجود الأشعة فوق البنفسجية (UV)، ويتم
تخزين ماء الأكسجين في محاليل ذات تركيزات بين ٣٥ ٪ إلى ٥٠ وهو يلب
بشدة في الماء .

الكلور (Chlorine) Cl₂

الكلور غاز كثيف يستخدم في مجالات كثيرة من الصناعات المختلفة ، كما يستخدم
في تطهير الماء لقتل الجراثيم وكذلك في معالجة المخلفات الصناعية ، وعند خلط غاز
الكلور مع الماء يتكون حامض الهيبوكلوروس (Hypochlorous acid)



ويعتمد هذا التفاعل على درجة الأس الهيدروجيني (PH) وهي عادة ٧٫٦ عند
درجة حرارة دافئة وتزيد سرعة الأكسدة مع ارتفاع الأس الهيدروجيني أعلى من
٧ ١ / ٢ .

ويستخدم الكلور في تدمير ذرة السيانيد (Cyanide) وهي أخطر المواد السامة
- حيث تتحول تحت الظروف القلوية إلى مواد غير سامة .



ويلغزم في هذه الحالة الحبيطة الشديدة في ضبط الأس الهيدروجيني على أن لا
يقبل عن ١٠ حتى لا يتكون غاز سيانوجين الكلوريد (Cyanogen
Chloride) وهو غاز سام



وفي الوسط القلوي، فإن كلوريد السيانوجين يتحول إلى سيانيد الصوديوم ومنه إلى
غاز النتروجين وثاني أكسيد الكربون كما في المعادلات :



وفي هذه المعالجة يتم إضافة كمية أكبر من الكلور للتأكد من عدم تكوين غاز
كلوريد السيانوجين .

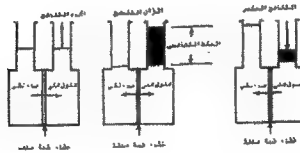
٥- التناضح العكسي (Reverse Osmosis)

يتم في جميع عمليات الترشيع فصل السوائل والغازات من الشوائب الصلبة أو السائلة التي توجد في حالة منفصلة عن حالة السائل أو الغاز ، وعليه ، يمكن فصل شوائب الطين من الماء كما يمكن أيضا فصل جسيمات القار من دخان السجائر . ولقد كان من المعتقد لعديد من السنين عدم إمكانية ترشيح الماء لفصل الملح ، ولكن التجارب العملية في أواخر العشرينات وأوائل الثلاثينات من هذا القرن أظهرت إمكانية ترشيح محلول مخفف جداً من الماء الملح ، لفصل الملح باستخدام أغشية الكلودين (Collodion membranes)

ونتيجة لتزايد الاهتمام بإزالة ملوحة المياه ، أخذت عملية ترشيح الماء الملح في التطور مرة أخرى في الخمسينات حيث أمكن إزالة الأملاح كلياً تقريباً بالترشيح باستخدام أغشية صناعية خاصة ، وتسمى هذه العملية للترشيح بالتناضح العكسي (Reverse Osmosis) .

وتسمى الأغشية التي تسمح بمرور الماء دون الملح بالأغشية شبه المنفذة . ويوضح الشكل الفكرة الأساسية لعملية التناضح العكسي .

عندما يوضع غشاء شبه منفذ بين ماء بحر وآخر عذب ، كلاهما عند نفس الضغط ، فإن الماء العذب ينفذ إلى ماء البحر نتيجة الميل الطبيعي لساواة التركيز ، وتسمى هذه العملية بالتناضح وهي عكس المطلوب تماماً ، وهو انتقال الماء الملح إلى خزان الماء العذب ، ولحدوث العكس في هذه العملية يلزم الضغط على الماء الملح . كما في الشكل (٥٣)



شكل (٥٣)

ويتوقف الضغط اللازم للتشغيل تبعاً لهذه النظرية على نوع الغشاء المستعمل وعلى درجة تركيز الأملاح في الماء المراد إعذابه - وقدّر هذا الضغط بما يتراوح من ٤٠ كيلو جرام إلى ١٠٠ كيلو على السنتيمتر المربع للمياه المالحة التي يبلغ تركيز الأملاح فيها من ٥٠٠٠ إلى ٣٥٠٠٠ جزء في المليون - كما أنّ معدل المياه العذبة يتراوح عندئذ من ١٠٠٠ لتر إلى ٥٠٠٠ لتر للمتر المسطح في اليوم.

ويلزم عملياً أن يرتفع الضغط عن ضغط التناضح ليتحسّن التشريع بمعدل معقول ، كما يجب أن يؤخذ في الاعتبار ارتفاع قيمة ضغط التناضح مع استمرار عملية التناضح العكسي نظراً للارتفاع المصاحب في تركيز ماء البحر ، وبالتقريب يتضاعف الضغط التناضحي بتضاعف تركيز ماء البحر ولكن مع مراعاة أن علاقة الزيادة في قيمة ضغط التناضح ، مع زيادة التركيز علاقة غير خطية ، فمثلاً ، ضغط تناضح ماء البحر الميت يزيد جداً عن الضغط التناضحي المتوقع لتركيز الملح به .

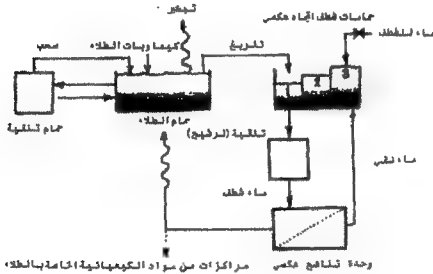
والمشكلة الأساسية في هذه الطريقة هي إعداد الأغشية المناسبة . ولقد كانت هناك محاولات عديدة للتغلب على هذه المشكلة ، فمثلاً ، يمكن حالياً تصنيع الأغشية من رقائق من مواد بلاستيكية مثل الكحول المتعدد الفينيل (Polyvinyl Alcohol) أو من استيات السيلوز (Cellulose Acetate)

وتحتوي كثير من الوحدات على أغشية مصنوعة من أسيتات السيلوز المعدلة ولهذه الأغشية قدرة مرتفعة على حجز الأملاح (٩٥ - ٩٩٪) عند إعذاب الماء المالح.

وبالرغم من أن الأغشية التي يمكنها فصل الملح من الماء كانت معروفة من قبل، إلا أن المعدلات المرتفعة نسبياً للتشريع - ساعدت على نجاح هذه العملية عملياً وصناعياً ، وتصنع هذه الأغشية بصب محلول يحوي أسيتات السيلوز ومكونات أخرى في وعاء مناسب ثم يمر هذا المحلول بالماء ، ثم تجفف الغشاء الناتج عند درجة حرارة معينة وكلما أرتفعت درجة الحرارة هذه كلما أرتفعت القدرة على حجز الملح وقلت نفاذية الغشاء ، وللمزيد من المعلومات عن التناضح

العكسي يمكن الرجوع إلى كتاب تنقية المياه الملحة ترجمة دكتور مصطفى محمد السيد - مركز النشر العلمي - جامعة الملك عبد العزيز (جده) .

ولقد استخدمت طريقة التناضح العكسي في صناعة الطلاء الكهربائي (Electroplating) لاسترجاع كل المعادن والماء ، وشكل (٥٤) يمثل رسماً توضيحياً لهذه العملية حيث يمر ماء الشطف من التانك الأول. خلال وحدة التناضح العكسي لاستعادة محلول المعدن المركز والذي يعاد استخدامه في حمام الطلاء وتيار الماء النقي الذي يعاد استخدامه في حمام الشطف الثالث ، كما استخدمت هذه الطريقة في حل مشاكل التلوث بالمواد العضوية والغير عضوية - كما أشارت الابحاث أن المعادن ثنائية التفاعل يمكن تركيزها في محلول شطف طلاء المعادن من ١٠ إلى ٢٠٪ .



شكل (٥٤) يبين استخدام طريقة التناضح العكسي لمعالجة مياه الشطف في طلاء المعادن

٦. الديليزة الكهربائية (Electrodialysis)

تعتبر طريقة الديليزة الكهربائية أول طريقة تطورت تاريخياً ، ومازالت تعتبر طريقة هامة حتى الآن وفي هذه الطريقة يتم جذب الأيونات المكونة للمذاب ، من المذيب بقوة كهربائية ليتم تركيزها في أماكن مستقلة ، وتعتمد قوة الفصل علي القدرة الكهربائية ، فكلما زاد تركيز المذاب كلما زادت القدرة الكهربائية اللازمة .

وفي هذه الطريقة تتعرض المياه لمجال كهربائي بوضع قطبين أحدهما موجب (anode) وأخر سالب (Cathode) في حوض يمر فيه المياه ، وبذلك تتحلل الأملاح الموجودة في الماء إلى أيونات موجبة وأخرى سالبة وتتحرك الأيونات الموجبة (anions) نحو القطب السالب والأيونات السالبة (Cations) نحو القطب الموجب - على أن توضع في مسار الأيونات المتحركة عدد من الأغشية (membrane) من مواد كيميائية خاصة تحمل بعضها شحنات كيميائية موجبة والأخرى شحنات سالبة (بحيث لا يتجاوز غشائين بنفس الشحنة) وعندما يمر المياه في الغرف المتكونة بين هذه الأغشية تتناثر الأيونات الموجبة الناجمة من تحلل الأملاح في الماء مع الغشاء ذو الشحنة الموجبة بينما تنجذب إليه وتمر خلاله الأيونات السالبة - وكذلك يتناثر الغشاء ذو الشحنة السالبة مع الأيونات السالبة بينما ينجذب إليه وتمر خلاله الأيونات الموجبة .

وبذلك يخف تركيز الأملاح في غرفة بين غشائين متجاورين ويزيد تركيزها في غرفة أخرى ملاصقة - وتخرج المياه من الغرف التي خف فيها تركيز الأملاح للاستعمال ، بينما يستغني عن الماء التي زاد فيها تركيز الأملاح .

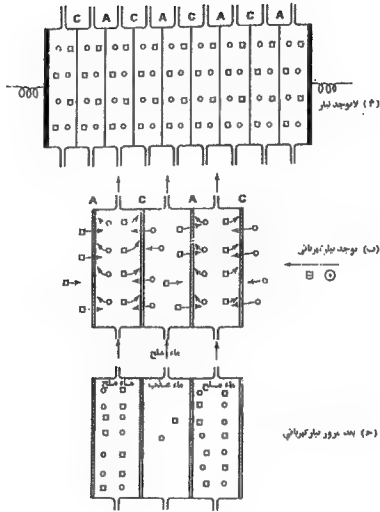
ويوضح شكل (٥٥) الفكرة الرئيسية للديليزة الكهربائية ، وتتكون وحدات الديليزة الكهربائية من عدد من الحجرات الضيقة التي يوضع الماء خلالها ، وتفصله هذه الحجرات بعضها عن بعض بواسطة أنواع من أغشية خاصة تسمح بمرور الأيونات الموجبة (الكاتيونات) أو الأيونات السالبة (الأنيونات) ، على التوالي ، وتحاط حجرات الأطراف بأقطاب لتمرير تيار مستمر خلال حزمة الحجيرات بأكملها ، ويوضح الشكل حزمة الحجيرات قبل مرور التيار الكهربائي حيث توجد

الأملح في المياه الملحة على هيئة أيونات موجبة وأخرى سالبة .

ويتوصيل القطبين بمصدر تيار مستمر ، تبدأ مسيرة الأيونات وبالتالي سريان التيار الكهربائي خلال الوحدة كما هو موضح للحجيرة الوسطى ، تسرى الأيونات الموجبة من اليمين إلى اليسار ، بينما تسرى الأيونات السالبة في الاتجاه المعاكس ، أى يترك كلا النوعين من الأيونات الحجيرات خلال الأغشية ، ولو كان الغشاء يسمح بنفاذ كل من نوعى الأيونات لما نتج أي تغير في التركيز لأن كل أيون موجب يترك الحجيرة الوسطى إلى الحجيرة اليسرى يحل مكانه أيون موجب آخر من الحجيرة اليمنى ، ولما كان من الممكن بالمثل التخلص من الأيونات السالبة في الحجيرة الوسطى ، لذا كان الغشاء الأيمن للحجيرة غشاء منفذاً للأيونات فقط ولا يسمح بنفاذ الكاتيونات من الجهة اليمنى إلى الحجيرة الوسطى ، وكذا ، فإن الغشاء الأيسر للحجيرة الوسطى هو غشاء منفذ للكاتيونات فقط وبالتالي بهجز الأيونات السالبة في الحجيرة اليسرى ، ونتيجة لذلك ينخفض تركيز الملح في الحجيرة الوسطى ويزداد تركيز الملح في الحجيرات المجاورة كما هو مبين في شكل (٥٥) .

وتتكون وحدات الديليزة الكهربائية عملياً بما يتراوح عدد من عشر إلى مئات الحجيرات بين زوج واحد من الأقطاب ، ونتيجة مرور التيار الكهربائي ، يتكون ماء عذب وآخر ملح في الحجيرات المتجاورة ، أى يمكن القول أن نصف الحجيرات يحوى ماء مالحاً والنصف الآخر يحوى ماء عذباً (أو منخفض الملوحة) أما الحجيرات الحاوية للقطبين الكهربائيين فسوف تتلوث بنتائج التفاعلات القطبية والتي تحدث نتيجة مرور التيار .

ولزيد من المعلومات في هذا الموضوع يمكن الرجوع إلى كتاب تنقية المياه الملحة تأليف ك . س شبيجلر وترجمة الدكتور مصطفى محمد السيد .



شكل (٥٥)

الفكرة الأساسية للديالزة الكهربائية حيث تعى العلامة ○ أيونات موجبة (مثل الصوديوم) ، و □ أيونات سالبة (مثل الكلوريد) الرموز A و C تشير إلى الأغشية المنفذة للكاتيونات والأغشية المنفذة للأنيونات ، على التوالي . انتقال الأيونات بسبب وجود تيار كهربائي يؤدي إلى تخفيف تركيز الملح في الحجيرات المتبادلة وزيادة تركيز الملح في الحجيرات المجاورة لها .

٧. الترشيح الغشائي (ULTRA FILTRATION)

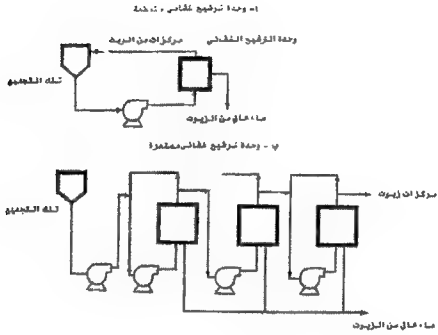
تعتمد عملية الترشيح على حجم الجزيئات المسموح بمرورها ، ففي حالة المرشحات الرملية (Sand Filtration) فإنها تسمح بمرور الجزيئات حتى ٤٠ ميكرون ، أما في حالة استخدام طريقة الترشيح الغشائي فلا يسمح بمرورها إلا الجزيئات حتى ٥ ميكرون .

وتعتمد طريقة الترشيح الغشائي على استخدام الأغشية في عملية الترشيح (أو المعالجة) وبذلك تكون الطريقة الثالثة لاستخدام الأغشية .

وفي هذه العملية يتم فصل المذاب (Solute) من المذيب (Solvent) على أساس الحجم الجزيئي والشكل وذلك بمرور المحلول خلال غشاء حيث يكون هناك فرق في الضغط ثابت على الغشاء ، فنجد أن الماء والجزيئات الصغيرة تمر خلال الغشاء إلي الجانب ذات الضغط المنخفض ، بينما الجزيئات الكبيرة تحجز بواسطة الغشاء ، ولتجنب الاتساخ (أو الأتسداد) (Fouling) فإن المحلول يمر بسرعة عالية فوق الغشاء ، ولتحسين كفاءة الفصل ، فإن المحلول الذي يمر يعاد مروره عدة مرآة خلال الغشاء أو المرور خلال عدة مرشحات على التوالي .

وفي عملية الترشيح الغشائي ، فإن المذاب ذا الوزن الجزيئي ٥٠٠ وأقل من ٥٠٠٠٠٠ يمكن أن يفصل من المحلول ، والمذاب أعلى من حدود الوزن الجزيئي فلا يمكن أن يفصل بنظام الترشيح الغشائي ولكن بطريقة الترشيح التقليدية ، والأغشية عموماً تسمح بمرور الماء ومعظم الجزيئات المتأينة بينما تحجز الجزيئات الغير متأينة .

وعملية الترشيح الغشائي يمكن أن تتم بطريقة متقطعة (Batch) أو بطريقة مستمرة والشكل (٥٦) يبين مراحل التشغيل بكلتا الطريقتين . وتستخدم هذه الطريقة في معالجة ماء الصرف في صناعة البويات وكذلك إزالة النشا والانزيمات من ماء الصرف وكذلك في إعادة استخدام كلوريد البولي فينيل (Polyvinyl chloride) وفي صناعة النسيج وفي فصل الزيوت من الماء في كثير من الصناعات وفي معظم الاستخدامات الصناعية يعاد استخدام كل من الماء والمركبات من المادة المذابة .



شكل (٥٦)

يبين نظام الترشيح الغشائي بالطريقة المتقطعة والمستمرة.

الفصل الخامس

أسلوب معالجة الصرف الصناعي في الوحدات الصناعية (مصانع الصباغة)

وفي هذه الوحدات يتم تجميع سوائل الصرف في خزان أرضى كخزان موازنة حيث يتم أيضا تهوية هذا الخزان بواسطة شبكة تهوية وهواء مضغوط .

ويتم رفع السوائل إلى الوحدة بواسطة مضختين (إحداهما احتياطي) حيث يتم حقن الكيماويات لضبط الأس الهيدروجيني قبل الخلط الاستاتيكي ثم يتم حقن مادة مروية في خلط الخلط السريع الأول الذي يحتوى على قلاب ومجس للأس الهيدروجيني متصل بوحدة تحكم في الأس الهيدروجيني تتحكم في كمية جرعات المضخة الحاققة للكيماويات لضبط الأس الهيدروجيني .

ثم تنتقل السوائل إلى الخلط الثانى للخلط الثانى السريع حيث يتم حقن كيماويات الضبط النهائى للأس الهيدروجيني بواسطة مضخة حاققة تعمل طبقا للإشارات الواردة من وحدة تحكم في الأس الهيدروجيني ، ويعمل خزان الخلط البطيء على تكوين الجزيئات المجمعة (فلوكس) قبل عملية الترسيب .

وتدخل السوائل بعد ذلك إلى المروق الذى يعمل على ترسيب المواد العالقة ويتم صرف السوائل الرائقة إلى الصرف النهائى .

ويتم التخلص من الحماة بواسطة مضختين (إحداهما احتياطي) بنقلها خارج المصنع للتخلص منها .

وفيما يلى مثالان لوحداث إنتاج تعمل فى مجال تجهيز الأقمشة .

المثال الأول : لمعالجة الصرف الصناعي وإعادة استخدام المياه فى إحدى الشركات الكبرى فى مجال تجهيز المنتجات النسيجية .

المثال الأول : ماء الصرف لإحدى الشركات الكبرى فى مجال تجهيز الأقمشة - وهى شركة صباغى البيضاء- والتي تعتبر كبرى الشركات فى جمهورية مصر

العربية في هذا المجال وتتكون هذه الشركات من مصنعين بمشتملاتهما .
والنشاط الرئيسي لهذه الشركة هو تجهيز الأقمشة والصباغة والطباعة
للأقمشة القطنية وكذلك إنتاج تويس وغزل وصباغة الصوف .

وكانت تعتبر الشركة من أكبر مصدر للتلوث في مدينة الإسكندرية لان كمية مياه
الصرف الخارجة من الشركة تتراوح بين ١٠ إلى ١٨ مليون متر مكعب يتم قذفها في
مصرف خليج ابو قير ، ويرجع هذا إلى اختلاف المراحل التي يتم تجهيز الأقمشة وإلي
اختلاف نوعيات المواد الكيميائية التي تستخدم في المعالجة وذلك كالآتي :

- استخدام محاليل إنزيمات ومذيبات ومواد تنظيف ومبيلات غير أيونية للتخلص
من مادة النشا التي تستخدم في تجهيز الخيوط للنسيج .

- استخدام محاليل قلوية شديدة مع صابون للتخلص من الشحوم والاتساخات
والشمع الموجود على الأقمشة في عملية الغسيل (Scouring)، ويتم التخلص
من هذه المواد بعد تحللها إلى مواد ذائبة في الماء .

- استخدام محاليل تبييض مثل ماء الأكسجين والسيليكات أو محاليل الكلور
للتخلص من اللون الأصفر الموجود في الأقمشة القطنية في عمليات التبييض
(Bleaching) .

- استخدام محاليل مركزة من الصودا الكاوية في عملية المرصرة
(Mercerization) - واستخدام أنواع مختلفة من الصبغات في عمليات صباغة
الأقمشة القطنية أو المخلوطة أو تويس الصوف .

- ومن هذا نجد أن مياه الصرف الصناعي تحتوي على العديد من المواد الكيميائية
المختلفة بجانب ملوثات طبيعية ناتجة من معالجة الأقمشة وتويس الصوف .

ولدراسة درجة التلوث فإنه يتم التركيز على معرفة المكونات من العناصر الآتية
- كمية الأمسجين الحيوي المحتص (B.O.D) وكذلك كمية الأمسجين الكيميائي
(C.O.D) المحتص .

- الفوسفات (phosphate)

- درجة الحرارة

- المواد الكيميائية السامة مثل الفينول .

- المعادن الثقيلة مثل الكروم

- الأس الهيدروجيني

- الزيوت والشحومات .

- الكبريتيدات (Sulphides)

- بكتيريا القولون (Soliform bacteria)

بعد هذه التحاليل ثم عمل تجارب معملية لمعرفة أنسب النظم لمعالجة مياه الصرف وتطبيقها على المستوي النصف صناعي . واستخدم في ذلك مواد ترويب هي خليط من كلوريدات الألومنيوم والحديد ($Al/Fe\ CL_3$) ومواد متعددة التأين غير أيونية وكتيونية . وتم تحديد أنسب جرعة ٣٠ ملجرام / لتر للمواد الغير عضوية وكذلك ٣ ملجرام / لتر من البلمرات العضوية . وفيما يلي التجارب التي تمت عند المرحلة ١ - تكتيك إزالة المواد الصلبة العالقة باستخدام مواد ترويب (Coagulation) وتكتل (Flocculation).

٢ - إزالة المواد المعدنية الثقيلة : باستخدام التكتيك الكيميائي للترسيب .

٣ - إزالة الألوان بواسطة طرق الإدمصاص (Adsorption) والأوزون (Ozonation)

وبناء على النتائج التي تم الوصول إليها تم تصميم وحدة معالجة كيميائية متكاملة والتي تتيح الآتي :

- إزالة الزيوت والشحومات ثم التعادل ، ترويب وتكتل ، الإدمصاص والترسيب والغرض من هذا النظام هو خفض الحمل الكيميائي لمياه الصرف عالية التلوث ومتوسطة التلوث وذلك لزيادة كفاءة عمليات المعالجات البيولوجية في المراحل التالية . وبهذا التكتيك يمكن أن يخفف من المضار الناجمة عن عمليات البيولوجية فترة الأنضاح أو الإعداد والتي تتم فيها تثبيت المواد العضوية .

والملاحظ في هذه المعالجات ، أنه تم استخدام طرق المعالجة البيولوجية نتيجة لوجود مواد عضوية طبيعية ناتجة من معالجة الأقمشة وكذلك ناتج غسيل الصوف .

ومن نتائج الدراسات الأولية فقد تم اقتراح اختيارين لمعالجة مياه الصرف وذلك كالآتي :

الاقتراح الأول : ويعتمد على فصل ماء الصرف إلى ثلاثة أنواع من التدفق :

الأول ذى التلوث العالى ، الثانى ذى التلوث المعتدل ، الثالث ذى التلوث الخفيف. أما التدفق ذو التلوث العالى والمعتدل فيتم تجميعها ومعالجتها كيميائيا قبل المعالجة البيولوجية . أما التدفق ذو التلوث الخفيف مع تدفق ماء المجارى فيتم توجيهها مباشرة إلى المعالجة البيولوجية .

الاقتراح الثانى ، هو خلط التدفق ذى التلوث العالى مع المتوسطة ومعالجتها كيميائيا ثم خلطهما مع التدفق ذى التلوث الخفيف وماء صرف المجارى قبل عملية المعالجة البيولوجية .

وقد تمت الدراسة المالية أيضا لكل من الاقتراحين وتم الموافقة على الاقتراح الثانى ، بالرغم من أن الاقتراح الثانى كان تكلفته أكبر ، حيث أن تكلفة معالجة المتر المكعب حوالى ١٠٧ جنيه مصرى بالنسبة للاقتراح الأول وذلك لتجنب صرف مبالغ كبيرة فى أعمال إنشاء شبكات الصرف الجديدة . وقد كانت التقديرات الخاصة بإنشاء وحدات المعالجة حوالى ٨٥ مليون جنيه مصرى والتكاليف السنوية لهذه الوحدة حوالى ١٩ مليون جنيه مصرى .

أما العائد السنوى لم يمكن التحقق منه إلا بعد المعالجة البيولوجية . وذلك لأن مستوى التلوث للنواتج النهائى من الماء المعالج ، بعد المعالجة الكيميائية ، كان مازال أعلى من المعدل المطلوب لذلك ، ووجد أن المعالجة البيولوجية هى التى تم تفضيلها بعد المعالجة الكيميائية وبذلك ، فإن الماء المعالج سوف يكون مناسباً لإعادة استخدامه فى العمليات الصناعية وبالتالي ، يصبح العائد للمشروع قد أمكن تقديره بحوالى ١٥ مليون جنيه مصرى سنويا .

المثال الثانى : معالجة الصرف الصناعى لإحدى الوحدات الصناعية ذات الحجم المتوسط والتى تعمل فى مجال الصناعة .

المثال الثانى لإحدى الشركات التى تعمل فى مجال الصبغة والتى تمثل معظم الشركات القطاع الخاص التى تعمل فى هذا المجال وهى شركة العاشر لصناعات الغزل ، وتقوم الشركة بصبغة ألياف وخيوط الصوف والبولى أميد والبولى أستر وكذلك خيوط الأكرليك .

وتستخدم الشركة في ذلك حوالى ٢٥٠ متراً مكعباً من الماء يومياً كان يتم تصريفها إلى شبكة المجارى العمومية في مدينة العاشر من رمضان .

وكانت مياه الصرف هذه تحتوى على الصبغات والمواد الكيميائية الآتية :

- صبغات حامضة وناشرة وكذلك صبغات كتيونية .

- أحماض عضوية مثل الخليك وبعض الأحماض المعدنية بتركيزات منخفضة جداً فى بعض المعالجات الخاصة .

- مواد تنظيف ومواد بلل ومواد تنعيم .

- بعض الأملاح مثل خلات الصوديوم وكبريتات الصوديوم .

ولقد قامت إحدى الشركات المتخصصة في مجال معالجة ماء الصرف مع المعهد التكنولوجى العالمى بمذنية العاشر من رمضان بعمل الاختبارات المبدئية لمكونات ماء الصرف ، وتقديم الاقتراح الخاص بالوحدة المطلوب .

وفيما يلى الدراسة التى تقدمت بها إحدى الشركات التى قامت بالدراسة وهي كيمكس بالإسكندرية وذلك باستخدام مادة كبريتات الحديدوز كمادة مروية .

ولقد قامت شركة كيمكس بأخذ عينات من الصرف غرض تحليلها وإيجاد أسهل السبل للمعالجة الكيميائية أو البيولوجية. وفيما يلى تقرير ملخص لما تم.

مواصفات سوائل الصناعة السائلة

تم تحليل المخلف النهائي للمصنع وأتضح من نتائج التحاليل أن تركيز المواد العضوية ممثلة للأحتياج الأكسيجين الحيوى والكيميائى والعوالق الصلبة والمواد الراسبة في ١٠ ، ٢٠ ق والفوسفات الكلية خارج حدود أحكام القانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ وقرار السيد وزير الإسكان والمرافق رقم ٩ لسنة ١٩٨٩ .

وفيما يلى نتائج تحاليل العينة ومن واقع التحاليل العملية المرفقة ومقارنتها بالعادن المطلوبة بشأن صرف سوائل المخلفات الصناعية علي شبكة المجارى العمرية يتم عمل معالجة كيميائية بطريقة التخثير والترويب وكذلك معالجة بيولوجية ذلك لتحديد أقرب الظروف المناسبة للمعالجة.

رقم	نوع التحليل	النتيجة	الحد المسموح بها
١	الأس الهيدروجيني	٨,٧	٦ - ١
٢	المواد الصلبة الذاتية الكلية	٩١٥	٢٠٠ ملجم / لتر
٣	العوالق الصلبة	١٥٠	٥٠٠ ملجم / لتر
٤	المواد الراسبة في ١٠ ق	٢٧	١٥ سم ٣ / لتر
٥	المواد الراسبة في ٢٠ ق	٣٥	١٠ سم ٣ / لتر
٦	الاكسجين المحبوس المستهلك	١٨٤٠	٤٠٠ ملجم / لتر
٧	الاكسجين الكيماوى المستهلك	٣٢٠٠	٧٠٠ ملجم / لتر
٨	الكبريتات	٣٦	١٠ ملجم / لتر
٩	الفوسفات	٥	٥ ملجم / لتر
١٠	الامونيا	--	١٠٠ ملجم / لتر
١١	النترات	--	٣٠ ملجم / لتر
١٢	الزيت والشحوم	٥٤	١٠٠ ملجم / لتر
١٣	الكلور المتبقى	--	١٠ ملجم / لتر
١٤	ثنائى اكسيد الكبريت	--	١ ملجم / لتر

أولاً: المعالجة الكيماوية بطريقة التخثير والترويب

وجد أن أفضل رقم أيديروجيني هو ٩,٥ - ١٠ حيث تتراوح الجرعة المبدئية ٢٨٠ ملجم الي ٣٥٠ ملجم / لتر ولزيادة سرعة الترسيب باستخدام الكوبوليمر نسبة ٥٠ - ٧٥ ملجم / لتر.

١ - استخدام أملاح الحديد

أ- استخدام كبريتات الحديدوز

حددت جرعة كبريتات الحديدوز إلى ٢٠ ملجم / لتر pH ٩,٥ وكانت نسبة الازالة مثلة في الاحتياج الأكسجين الكيماوى إلى ٨٠,٥ ٪ مع استخدام الكوبولمر مع رفع الرقم الهيدروجيني بواسطة هيدروكسيد الصوديوم ٦ مل / لتر تركيز ٢ عيارى .

ب- استخدام كلوريد الحديديك

فى حالة استخدام كلوريد الحديديك كان الأس الهيدروجينى pH (٨-٨.٥) وتم رفعه بواسطة أكسيد الكالسيوم وكان الجرعة حوالى ٧٥ ملجم / لتر فى حين تفرواح جرعة كلوريد الحديد ما بين ٢٠٠ - ٥٠٠ ملجم لتر وكانت نسبة الإزالة ممثلة فى الاحتياج الاكسجين الكيميائى ٨٤.٠٪

أما فى حالة الرغبة فى إعادة استخدام المياه صناعيا فإن استخدام أملاح الحديد فى المعالجة لا يصلح ولا بد من استخدام كبريتات الألومنيوم فى هذه المعالجة وتوضح ذلك من الطريقة الآتية :

١ - استخدام أملاح الألومنيوم

تم استخدام أملاح الألومنيوم - كبريتات الألومنيوم
 وتم رفع الـ pH بواسطة هيدروكسيد الكالسيوم وكانت الجرعة كما يلي :
 كبريتات الألومنيوم ٤٠ - ٥٠ ملجم / لتر
 + هيدروكسيد الكالسيوم حتى PH ٩.٥
 + يليمرات (كوبوليمر) ٧٥.٠ - ١٠٠ ملجم / لتر .

وقد أعطيت هذه الطريقة افضل النتائج خصوصاً لاعادة استخدام المياه صناعيا وكانت نسبة الإزالة ٩١ ٪ ممثلة فى الاحتياج الاكسجين الكيميائى :

المعالجة البيولوجية

تم تغذية وحدة معالجة سوائل الصرف بمعدل ثابت وحقن مادة الحماة المنشطة بواقع ٣٠٠٠ ملجم / لتر .

وبعد الوصول إلي مرحلة الثبات كانت المعالجة البيولوجية لها تأثير فى إزالة الملوثات العضوية وخاصة الذائبة ولكن تحتاج المعالجة فترة مكوث حوالى ٢٤ ساعة للوصول إلى نسبة إزالة ٨٨.٥٪ وتحتاج هذه الطريقة إلى مساحة أرض إلى حوالى ٢٠٠ م ٢ ووقت المكوث فى حدود ٢٤ ساعة وعليه تم اختيار المعالجة الكيميائية

لسوائل الصرف الصناعة لمصنع غزل العاشر

المعالجة الكيميائية المقترحة

أولاً: إنشاء حوض للموازنة سعة ٥٦م^٣ بحجم ٤×٧×٢ = ٥٦م^٣
يتم وضع عدد ٢ طلمبة غاطسة واحدة تعمل والأخرى احتياطى .

يتم سحب سوائل الصرف الصناعى إلى وحدة التجلط والترويب حيث تخلط مادة التجلط (Coagulant) مع سوائل الصرف الصناعة فى وحدة التقلب السريع ثم تنقل التدفق إلى وحدة الخلط البطيء ويتم إضافة مواد الترويب والبلمرات حيث يتكون الفلوك المتجلط ويرسب في المرسب حيث يقوم المشخن بتركيزه وتتركزه في عنق المخروط حيث يتم سحب الرواسب من أسفل والمياه الراتقة من أعلا.

التخلص من الرواسب

هناك ثلاث طرق للتخلص من الرواسب

١ - يتم سحب الرواسب إلي مجفف حيث تسحب المياه من أسفل وتجفف الرواسب بفضل الهواء والشمس ويتم تعبئتها يدويا في أكياس بولى إيثيلين سعة ٥٠ كجم ثم تنقل إلى المقلب العمومى الرسمى في مدينة العاشر من رمضان (مجفف الرواسب اختيارى)

٢ - يتم سحب الرواسب داخل أكياس بولى بروبيلين منسوجة مباشرة وتشرك على دريلات لسحب المياه ثم تنقل إلى المقلب العمومى .

٣- يتم سحب الرواسب مباشرة من المرسب بواسطة عربة الجهاز الخاصة بذلك .

ثانياً: تسحب المياه الراتقة من أعلا إلى تنك الكلور سعة ١٠م^٣ ويتم إضافة هيبو كلوريت الصوديوم بواسطة طلمبة الحقن الخاصة بذلك وذلك لأكسدة ما تبقى من ألوان إن وجدت وكذلك بعض من المواد العضوية الذائبة .

ثالثاً: الكلور والترشيح

بعد إتمام عملية الكلور بحيث لا يزيد الكلور المتبقى عند ٧ ر . ملجم / لتر يتم سحب المياه بواسطة عدد ٢ طلمبة إلي وحدة الترشيح الرملى سعة ١٠ م^٣ * / س قطر ٨٠ سم وارتفاع ٢٠٠ سم .

وابتداء المياه المعالجة الآن صالحة للصرف علي شبكات الصرف العمومى لمدينة العاشر من رمضان .

ملحوظة

في حالة الرغبة في إعادة استخدام المواد الصالح يتم إضافة الآتى :

- ١ - مرشح رملى ١٠ م^٣ / س (إضافة اختياري)
- ٢ - عدد ٢ قطر غشائى ١٠ م^٣ / س (اختياري)
- ٣ - عدد ٢ مرشح كربونى نشط ١٠ م^٣ / س وهذه الأجهزة اختيارية .
- ٤ - عدد ٢ ميسر ١٠ م^٣ / س

خامساً: الكيماويات المستخدمة

- # كبريتات الألومنيوم ٢٥٠ - ٥٠٠ جرام / م^٣
- # هيدروكسيد الكالسيوم ١٠٠ - ٣٠٠ جرام / م^٣ (حسب الـ pH)
- # البلمرات (كوبوليمر) ١٠٠ - ١٥٠ جرام / م^٣ .
- (اختياري في حالة التجلط السريع ورفع جودة المياه بغرض إعادة استخدامها)

اسعار الكيماويات

- كبريتات الألومنيوم سعر الكيلو ٩٠ قرشا (فقط قدره تسعون قرشا) للكيلو الواحد.
- هيدروكسيد الكالسيوم سعر الكيلو ١٥ قرشا (فقط قدره خمسة عشر قرشا) للكيلو الواحد .

المواصفات الفنية لوحدة المعالجة المقترحة سعة ٢٢٠م / يوم

أولاً : بيارة الموازنة

البيارة خرسانة مسلحة مقاس ٥٦م ٣ ، عرض ٤م طول ٧م عمق ٢م
تصنع من الخرسانة المسلحة سمك ٢٥ - ٣ سم حسب أصول الصناعة والسقف
يتحمل تركيب وحدة المعالجة بحمل ٥٠ طن علي مساحة ٢٨ م ٢ .

ثانياً : وحدة المعالجة (الكلايرفاير)

الوحدة مكونة من أربعة خزانات متمركز بقطر شامل ٣ م وارتفاع ٧ م والمسلوب
قطره ٣ م وعمق ٢ م .
وهذه مصنعة من الصلب الأسود سمك ٦ مم ومعالج سطحيًا بواسطة الفستقة
ومبطن لعدد ٤ طبقة أرالديت ويخدم الوحدة ١٠ م^٣ / ساعة بالموتور والقلاب
الجيربوكس .

مضردات الكلايرفاير

تلك التقليب السريع

قطر ٥٠ سم ، ارتفاع ١٠٠ سم من الصلب الأسود المبطن يتم التقليب بواسطة
الهواء المضغوط .

تلك التقليب البطيء (مكون الفلوك) .

قطر ١٢٠ سم ارتفاع ٣٠٠ سم من الصلب الأسود ومبطن سمط ٦ مم .

تلك المرسب

قطر ٣ وارتفاع ٤ م مصنع من الصلب الاسود ، ومبطن سمك ٦ مم

المسلوب (الخاص بالمرسب)

قطر ٣ ، ارتفاع ٢ م مصنع من الصلب الأسود سمك ٨ مم

#الارجل

عدد ٤ رجل مصنع من الصلب الأسود سمك ٦ مم وارتفاع ٣ م
والباللات مصنعة من الصلب ٨ مم حسب أصول الصناعة

الوحدة مزودة بمشخن بالموتور والقلاب والجير بوكس خاصة بتركيز الرواسب وتمركزها في المرسب .

ثالثاً : وحدات تحضير الكيماويات

وحدة تحضير أيدوكسيد الكالسيوم

عدد ١ تنك من الصلب الأسود سمك ٦ مم المبطن سعة ١ م^٣ مزود بخط هواء مضغوط

وحدة تحضير كبريتات الألومنيوم

عدد ١ تنك مصنع من H.D.P.E سعة ١ م^٣ مزود بخط هواء مضغوط

وحدة تحضير محلول هيبوكلوريت الصوديوم

عدد ١ تنك مصنع من مادة H.D.P.E. سعة ١ م^٣ .

رابعاً : الطلمبات

مجموعة طلمبات خاصة بوحدة تحضير هيدروكسيد الكالسيوم وعد ٦ طلمبات حقن، ٢ طلمبة غاطسة بالعائمة وطلمبة نقل رواسب وطلمبة خاصة بتنك الكلور وأثنين لنقل التصريف بطاقة ١٥ م^٣ / ساعة .

خامساً : وحدة كنترول الكهرباء

واللوحة مزودة بمبين لشدة التيار وقاطع للتيار ومزود بأجهزة الحماية وكافة الإمكانيات التي تتيح سلامة التشغيل .

الفصل السادس

تقرير عن (١)

المخلفات الصناعية السائلة

المصادر والتأثيرات البيئية في جمهورية مصر العربية

تتنوع مصادر وتأثيرات الملوثات الناجمة عن نشاطات الإنسان الصناعية والزراعية والحضرية، وكما هو معروف، فإنه لا توجد حدود فاصلة بين الأوساط البيئية المختلفة الصلبة، والسائلة، والغازية، لهذا فإن التلوث الحادث في أى منها يمكنه الانتقال إلي وسط آخر وبالعكس، والملوثات التي تدخل البيئة قد تتحلل أو تدمج مع الزمن أو قد تظل ثابتة ويزداد تراكمها باستمرار انبعاثها. ومن ثم فإنه يمكن تحديد أثر المحصلة النهائية علي البيئة طبقاً لطبيعة المادة الملوثة. هذا الوضع له آثار اقتصادية وصحية متنوعة، كما هو موضح بالجدول (٧). وتنتج الآثار الصحية من جملة ما يصل إلي جسم الإنسان من هذه الملوثات، سواء عن طريق استنشاقها مباشرة من الهواء أو شربها مباشرة مع الماء، أو عن طريق تناول المواد التي تتجمع في سلسلة المواد الغذائية.

ويعتبر الماء من أهم مصادر الثروة الطبيعية التي لاغنى عنها، لذلك فإن الحفاظ على الموارد المائية نظيفة وصالحة للاستخدامات المختلفة يعتبر مسئولية قومية يجب أن تتكاتف جميع الجهات المعنية بحماية البيئة من أجل سلامتها.

وتتعدد موارد المياه في جمهورية مصر العربية فتشمل ما يلي:

أ - مسطحات المياه العذبة وتشمل في نهر النيل وفرعيه والأخوار، والرياحات والترع والجنايبات.

(*) من أوراق ندوة المراجعة البيئية في الشركات الصناعية - ١٦ أغسطس ١٩٩٦، تحت رعاية جهاز شئون البيئة وبنك التعمير الألماني (دورة تأهيل مسئولية البيئة بالمصانع) مركز خدمة البيئة - المعهد التكنولوجي العالى.

ب - مسطحات للمياه غير العذبة وتشمل المصارف بجميع درجاتها ، والبرك
والمسطحات المغلقة والسباحات والبحيرات والبحار والخلجان .

ج - خزانات المياه الجوفية .

وتعتبر المياه ملوثة إذا احتوت على أي مواد غريبة مثل المواد الصلبة
العالقة والمواد العضوية وغير العضوية الذائبة والبكتريا والطفيليات أو
الطحالب ، والتي تنتج عن واحد أو أكثر من الملوثات الآتية :

- المخلفات الأدمية.

- مبيدات الآفات.

- المخصبات ومحسنات التربة.

- نفايات المصانع.

- ناقلات البترول والسفن والبواخر.

- العوامات والأماكن السياحية علي الأنهار.

وتعتبر المخلفات الصناعية من أكثر المصادر تلويثاً للمسطحات المائية
فتراكيب هذه المخلفات قد يؤثر على الصفات الطبيعية والتراكيب الكيميائية للماء
والتي تؤدي بالتالي إلي الاضرار بالاحياء الدقيقة والنباتات التي تعيش في الماء
، و جدير بالذكر أن بعض المركبات العضوية أو المركبات السامة في الصرف
الصناعي تزيد بدرجة كبيرة من صعوبة معالجة الماء بفرض الاستعمالات المنزلية أو
الصناعية ، مثال على ذلك مادة الفينول حيث تضيق لوناً ورائحة المياه الشرب
وذلك بعد المعالجة بالكلور . أيضا فإن الزيوت والدهون تمنع وصول الأكسجين من
الهواء إلي الماء مقللة بذلك من القدرة الذاتية على التنقية والتطهير . أما
المخلفات عالية الملوحة فتسبب طعماً غير مقبول كما أنها تجعل المعالجة للأغراض
الصناعية صعبة للغاية .

وفيما يلي الجدول (٧) يبين بعض مصادر الملوثات والأضرار الناجمة عنها.

جدول رقم (٧)
بعض مصادر الملوثات الصناعية وبعض الأضرار التي تسببها

الملوثات	المصدر الصناعي (أمثلة)	بعض الأضرار الرئيسية
١ - أملاح غير عضوية	مصانع التحلية وتكرير البترول ومصانع اللخاثر .	تتداخل في الاستعمالات الصناعية وتؤثر على مياه الشرب والزرى.
٢ - أحماض عضوية	مصانع الكيماويات	تسبب تآكل خطوط الأنابيب والأجهزة كما تسبب في قتل الأسماك.
٣ - مواد عضوية	مصانع المعلبات ومدايخ الجلود ومصانع الغزل والنسيج .	تكوين طعاماً للبكتيريا وبالتالى تستهلك الأكسجين الموجود بالماء .
٤ - مواد عالقة	مصانع الورق والمعلبات	تسبب الاختناق لبعض الأسماك وتفسد منظر البحيرات .
٥ - أصباغ	مصانع النسيج والتعدين والكيماويات .	تسبب أضراراً جسدية للأحياء المائية.
٦ - مواد صلبة وسوائل	المجازر (المسالخ) ومصانع تكرير البترول	تفسد الشكل والرائحة وتقع وصول الأكسجين للماء .
٧ - كيماويات سامة مثل المعادن الثقيلة	مصانع الصلب والذخائر والطلاء بالمعادن	تغير من حياة النباتات والحيوانات المائية ولها تأثير سى .

تابع : مصادر الملوثات الصناعية وبعض الأضرار التي تسببها

الملوثات	المصدر الصناعي (أمثلة)	بعض الاضرار الرئيسية
٨ - أحياء دقيقة	مدابغ الجلود .	تلوث المياه بكتريوجيا مما يجعلها غير صالحة لحياة الأسماك .
٩ - إشعاعات الراديو	مصانع الطاقة النووية وعامل الكيماويات .	تتركز في أجسام الأسماك وتكون ضارة لمياه الشرب .
١٠ - مواد مسببة للرجوة	المسالخ ومصانع الصابون والأصبغ .	منع وصول الأكسجين للماء وتضرر بالاحياء المائية .

مما سبق يتضح أن هناك حاجة ماسة الآن لتوفير موارد مائية جديدة بجانب الحفاظ على الموارد الحالية المتاحة . ومن بين هذه الموارد الجديدة مياه الصرف الصحي المعاد استخدامها بعد معالجتها . ويخضع ذلك لمعايير خاصة تتنوع وتختلف طبقاً لأسلوب الاستغلال المزمع تطبيقه .

ونظراً لأنه يتم في مصر صرف وجمع كل من مخلفات الصرف الصحي والمخلفات في شبكة واحدة تنتهي في العادة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي ، فإنه يجب عزل المخلفات الصناعية الخطرة في نطاق مناطق إنتاجها حتى تتم معالجتها منفصلة وتخليصها مما فيها من مواد سامة وضارة إن وجدت . ويعتبر هذا ضرورة قصوى قبل التخلص منها على شبكة الصرف الصحي ، للأسباب الآتية : -

حماية خطوط الشبكة من التآكل .

حماية والحفاظ علي كفاءة عملية المعالجة وخاصة المعالجة الثانوية .

إزالة المواد التي لا يمكن إزالتها بطرق المعالجة التقليدية والتي يمكن أن تبقى كما هي في مياه الصرف المعالجة بكتريولوجيا وبالتالي تحد من إعادة استخدام هذه المياه.

نوعية المخلفات الصناعية المحتمل صرفها على شبكة علي الصرف الصحي :

- ١ - مخلفات تحتوي علي مواد سامة أو خطيرة يمكن إزالتها بطرق المعالجة الابتدائية قبل صرفها على الشبكة (الصناعات المعدنية والكيميائية) .
- ٢ - مخلفات تحتوي علي حمل عضوي كبير ولكنه قابل للأكسدة البيولوجية (الصناعات الغذائية) .
- ٣ - مخلفات تحتوي علي مواد سامة ولكن بتركيزات لا تحتاج إلي معالجة ابتدائية قبل صرفها علي الشبكة (الحديد والصلب) .
- ٤ - مخلفات لها مواصفات تضاهي الصرف (المطاعم - الفنادق) .

الملوثات الصناعية الخطرة ذات الأولوية (القائمة السوداء)

نقدم هنا نموذجاً للتعامل مع التلوث الصناعي من واقع الخبرة العالمية، فقد حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) عدد ٢٩ ملوثاً ذا أولوية في ٦٥ نوعاً ليتم تنظيمها بمواصفات خاصة بالصرف. والمواد الملوثة ذات الأولوية (العضوية والغير عضوية) تم اختبارها بناء علي معرفة أو توقع مدي تسببها في الإصابة بالسرطان أو أحداث التشوهات الوراثية أو الأورام أو درجة سميتها الحادة العالية. والكثير من الملوثات العضوية ذات الأولوية تم تصنيفه أيضاً كمركبات عضوية متطايرة (VOCs) ويوضح الجدول (٨) أمثلة لهذه الملوثات ذات الأولوية.

وفي نطاق نظام وجمع ومعالجة مياه الصرف الصحي يمكن إزالة الملوثات العضوية ذات الأولوية أو تحويلها أو تكوينها أو نقلها ببساطة خلال النظام دون أن يحدث بها تغيير . وتوجد خمس آليات مبدئية مرتبطة بذلك :

- ١ - التطاير (وأيضاً استخلاص الغازات) .
- ٢ - التحلل .

٣ - الدمج إلي جزئيات وحماة

٤ - المرور (وتعنى المرور خلال النظام الكلى) .

٥ - التولد كنتيجة للمعالجة بالكلور أو كمنتج ثانوي لتحلل المركبات السابقة .

ومن المهم أيضا ملاحظة أن هذه الآليات لا تحدث منفصلة بالضرورة حيث من الممكن أن يغطي حدوث آلية على أخرى أو حدوثها في توقيت واحد متزامن .

جدول رقم (٨)

نماذج لمركبات مخلفات تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية
والزراعية والتي صنفت كمملوآت ذات أولوية

الاسم الرمز الكيميائي ()	الاستخدام	الاهمية
مواد غير معدنية الزرنيخ (As)	يضاف للمسابك المعدنية خاصة الرصااص والنحاس لعمل الطلاقات ، وألواح البطاريات وتغليف الكابلات ومراسير الفلايات وأشياء الموصلات .	مسبب السرطان ومؤثر على الجينات على المدى الطويل وأحياناً يمكن أن يسبب الآرهاق وفقدان الطاقة .
السليونيوم (Se)	الإلكترونيات وألواح التصوير وكاميرات التلفزيون والخلايا الضوئية والقلب المفتاحي للحساسات والبطاريات الشمسية والعواكس والقواطع والصيراميك وأثار بسيطة من غلاء الحيوان	على المدى الطويل تظهر بقع حمراء على الأصابع ويؤثر على الأسنان والشعر ويؤدي إلى الضعف العام والتهابات الأنف والفم .
المعادن : الباريوم (Ba)	يدخل في مركبات تفريغ الصمامات ومضاد لأكسدة النحاس وتزيت المصعد الدوار لأنابيب أشعة X وسياتك شمعات الاحتراق .	قابل للاشتعال في درجة حرارة الغرفة في صورة مسحوق يؤدي على المدى الطويل إلى ارتفاع ضغط الدم وتخدير الأعصاب .
الكاديوم (Cd)	الترسيب الكهربائي لطلاء المعادن وكراسي التحميل وأنظمة الوقاية من الحريق والباريات النبيكل كاديوم وأسلاك نقل الطاقة وشاشات التلفزيون وطلاء الصيراميك وأقطاب لمبات بخار الكاديوم والخلايا الضوئية والتصوير .	يشتهل في صورة مسحوق وسام في حالة الاستنشاق ومسبب للسرطان ومركباته السائلة شديدة السمية وعلى المدى الطويل يتركز في الكبد والكلى والبنكرياس والغدة الدرقية قد يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم .

تابع نماذج مركبات مخلفات تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية والزراعية
والتي صنفت كملوثات ذات أولوية

الاسم ارمز الكيميائي	الاستخدام	الاهمية
الكروم (Cr)	يستخدم في السبائك ومواد الطلاء للمعادن والبلاستيك لمقاومة التآكل ، ويدخل في تركيب الصلب الغير قابل للصدأ ويستخدم كطلاء واقى لأجزاء السيارات والمعدات وفي الأبحاث النووية وكمكون أساسى للأصباغ الغير عضوية .	المركبات السداسية التكافوء للكروم تسبب للإصابة بالسرطان وتآكل الأنسجة . وعلى المدى الطويل يؤدي إلى حساسية الجلد والانسف .
الرصاص (Pb)	يستخدم في البطاريات وإضافات البنزين وتغليف الكابلات والذخيرة والمواسير وتطيين الخزانات وصهر السبائك وماسح للاهتزازات في الإنشاءات الثقيلة وسبكة الباييت لكراسى التحميل .	سام في حالة الابتلاع أو الاستنشاق وعلى المدى الطويل يؤثر على المخ وي تلف الكلى ويؤدى إلي تشوهات المواليد .
الزئبق (Hg)	يستخدم في طلاء الفلترات وكعامل مساعد في الأجهزة الكهربائية ولمبات الزئبق وطلاء المرايا ولمبات القوس الكهربى والفلايات كمهبط لإنتاج الكلور والصودا الكاوية .	شديد السمية عند الامتصاص عن عن طريق الجلد أو استنشاق بخاره وعلى المدى الطويل فهو سام للجهاز العصبى المركزى وقد يؤدى إلي تشوهات المواليد .

تابع نماذج مركبات مخلفات تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية والزراعية
والتي صنفت كمخلفات ذات أولوية

الاسم الرمز الكيميائي (	الاستخدام	الاهمية
الفضة (Ag)	يستخدم في إنتاج نترات الفضة وبرصيد الفضة وكيمائيات التصوير ولبطانة الأحواض ومعدات وأواني التعافلات الكيميائية وتقطير المياه وصنع المرايا وكموصلات كهربائية وطلاء المعدات الالكترونية وتنقية المياه وعامل مساعد للهدرجة والأكسدة وخاصة للبطاريات والخلايا الشمسية وأدوات المائدة والحلى وعلاج الأسنان والأجهزة العلمية والطبية والملاصقات الكهربائية .	شديد السمية عند الامتصاص عن طريق الجلد أو استنشاق بخاره وعلى المدى الطويل يؤدي إلى تغيير لون الجلد ويؤثر على العين والغشاء المخاطي .
المركبات العضوية البنزين (C ₆ H ₆)	يستخدم في إنتاج البنزين الايثيلي (لصناعة المطاط) والمنظفات والتابلون والفينول والنيترولينزين (لصناعة الأتيلين) وحامض السالفونيك كمنظف .	مسيب للسرطان وشديد السمية وقابل للاشتعال وخطر للحرائق .
البنزين الإيثيلي (C ₆ H ₅ C ₂ H ₅)	يستخدم كبنزين للطائرات وفي المركبات عالية الأروكتين والفينول ومذيبات البوية والطلاء وفي الصمغ ومواد اللصق ومعظم الزيوت والمطاط ومنظف لمواد لصق اللعب البلاستيك ونماذج الطائرات وصنع المتفجرات (TNT) والمنظفات .	قابل للاشتعال وخطر عند الحرق وسام عند ابتلاعه أو اشتعاله أو امتصاصه عن طريق الجلد .

تابع نماذج لمركبات مخلفات تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية والزراعية
والتي صنفت كملوثات ذات أولوية

الاسم الرمز الكيميائي (	الاستخدام	الأهمية
المركبات الهالوجينية : الكلور بنزين (C6H5Cl)	يستخدم في إنتاج الفينول الكلورينزين والإيثيلين والمذيبات ووسيط في المبيدات الحشرية وناقل للحرارة .	متوسط الخطورة عند الحرائق يراعى عدم إستعماله أو تلامسه للجلد .
الكلور إيثين (CH ₂ CHCl)	يستخدم في إنتاج كلوريد البولي فينيل والمركبات العضوية الصناعية ولاصق للبلاستيك .	شديد السمية وخطر لكل أنواع التعرض ومسبب للسرطان .
الدايكلوروميثان (CH ₂ Cl ₂)	مزيل للدهانات ومذيب للشحومات يستخدم في تشغيل البلاستيك وعامل مساعد في صناعة الفوم ومذيب للسليولوز .	سام ومسبب للسرطان ومخدر
التتراكلوروايثين (CCl ₂ CCl ₂)	يستخدم كمذيب في التنظيف الجاف ومذيب للشحوم وكعامل مجفف للمعادن وكوسط لنقل الحرارة وفي إنتاج الفلوركاربون .	مهيج للعين والجلد
مبيدات الطحالب والأعشاب والحشرات : الاثدين (C ₁₂ H ₈ OCl ₆) الليندان (C ₆ H ₆ Cl ₆)	مبيد حشري ومادة للتطهير بالتدخين	سام عند استنشاقه وامتصاصه عن طريق الجلد .
	مبيد للطحالب الضارة والحشرات	سام عند استعماله وابتلاعه وامتصاصه عن طريق الجلد .
الميثوكسيلور Methox Chlor	مبيد حشري	مادة سامة .
التركسافين (C ₁₀ H ₁₀ Cl ₈)	مبيد حشري ومادة للتطهير بالتدخين	سام عند استعماله وابتلاعه وامتصاصه عن طريق الجلد .
السلفكس silvex	مبيد للأعشاب ومنظم لنمو النباتات .	مادة سامة واستخدمه مقيد .

وهناك نوعان من الطرق القياسية يستخدمان للتحكم في تصريف الملوثات في المحطات العامة للمعالجة . النوع الأول هو « مواصفات الصرف الممنوع » وتطبق هذه المواصفات على كل من المنشآت التجارية والصناعية التي تقوم بالصرف في المحطات العامة للمعالجة ، وهي تقيد عملية صرف الملوثات التي قد تسبب في خطر الحريق أو الانفجار في شبكات المجارى أو المحطات المعالجة وتشمل هذه الملوثات المسببة للتآكل (التي يقل رقمها الهيدروجيني "pH" عن ٥) ، والمعوقة للتدفق ، والمربكة لعمليات المعالجة ، والمسببة لارتفاع درجة حرارة مياه الصرف الصحي الداخلة للشبكة لأكثر من ٤٠م° والنوع الثاني هو « المواصفات المنصفة » وتطبق على الصرف الصناعى والتجارى في ٢٥ مصنف صناعى . وهي تعمل علي تقييد الصرف لعدد ١٢٩ ملوثاً ذا أولوية ، ومن المتوقع أن تستمر هذه القائمة في الزيادة في المستقبل .

مؤشرات قياس التلوث الصناعي

قبل اتخاذ أي قرار بالتحكم في الملوثات الصناعية، يجب تحديد نوعية وكمية المخلفات المنصرفة وتحديد مكان التخلص منها . وهناك قياسات عديدة يجب إجراؤها قبل اتخاذ القرار المناسب للمعالجة أو التحكم، ونوجز هنا أهم هذه القياسات.

التصريف :

(٣٢ / اليوم) وهذا ضروري لمعرفة كمية الملوثات حتى يمكن تقييم طاقة شبكة الصرف وتحديد الأحمال المتوقعة في محطات المعالجة.

درجة الحرارة:

يمكن أن يتسبب ارتفاع درجة الحرارة في تآكل خطوط الصرف .

الرقم الأليدروجيني :

يدل هذا الرقم علي مدى حامضية أو قاعدية المواد المنصرفة ويمكن أن يحدث أضراراً بالشبكة من أهمها تآكل المواسير.

الأكسجين الحيوي الممتص (BOD)

هذه مؤشر علي استهلاك الأكسجين بواسطة الكائنات الدقيقة في مياه الصرف، بعد خمسة أيام من حضانة العينة، وهو دليل علي قيمة المواد العضوية الموجودة والقابلة للأكسدة البيولوجية.

الأكسجين الكيميائي الممتص (COD)

تمثل قيمته تركيز المواد العضوية وبعض المواد غير العضوية القابلة للأكسدة الكيميائية، وتعتبر نسبة الأكسجين الكيميائي الممتص والأكسجين الحيوي الممتص مقياساً أو مؤشراً لعملية المعالجة. وأيضاً يتم استخدام كل من نسبة الأكسجين الكيميائي الممتص والأكسجين الحيوي الممتص كعنصر أساسي في تصميم محطات المعالجة.

المواد العالقة :

ترجع أهميتها إلى فائدتها في تحديد كمية الحمأة الناتجة، علاوة علي أنها تستخدم كمؤشر عند تصميم أحواض الترسيب الابتدائي.

النشادر :

تستهلك النشادر جزءاً من الأكسجين في محطات المعالجة، علاوة علي أن وجود النيتروجين يعتبر مخصصاً هاماً بجانب الفوسفور في وحدات المعالجة البيولوجية.

الزيوت والشحومات :

في بعض الأحيان يتم صرفها ساخنة في شبكات الصرف ويحدث لها تبريد في الشبكة مما يتسبب عنه انسداد في المخطوط وبالتالي مشاكل جمة في محطات الرفع وفي الشبكة ككل.

وجدير بالذكر أن هناك بعض القياسات التي يمكن إجراؤها بصورة غير روتينية، وهي تشمل : النيتروجين الكلي، الفوسفور الكلي، السيانيد الحر، الزرنيخ، القصدير، الزئبق، الكبريتات ، المنظفات الصناعية.

التحاليل الخاصة ناتجة عن صناعة الدواء والمبيدات الحشرية وهذه يجب إجراؤها بمعرفة المعامل المتخصصة في هذا المجال حيث أنه يستلزم استخدام أجهزة معينة. ويوضح الجدول رقم (٩) بعض التحاليل الروتينية الواجب إجراؤها لبعض المخلفات الصناعية.

جدول رقم (٩)

بعض التحاليل الروتينية الواجب إجراؤها لبعض المخلفات الصناعية

الصناعة	القياسات
النسيج إزالة اللون - الصباغة	درجة الحرارة، الرقم الأيروجيني، الأكسجين الكيميائي المتص، المنظفات، المعادن الثقيلة
إزالة الشحم والقاذورات من الأصواف	درجة الحرارة، الرقم الأيروجيني، الأكسجين الكيميائي المتص، المنظفات، الدهون.
الأغذية -	الرقم الأيروجيني، الأكسجين الكيميائي المتص، النيتروجين، المواد الصلبة
المشروبات الغازية	المواد الصلبة، الأكسجين الكيميائي المتص، المواد المترسبة.
الدباغة	المعادن الثقيلة، المواد الصلبة، الكبريتيد، الرقم الأيروجيني، الأكسجين الكيميائي المتص.
الكيمويات	الرقم الأيروجيني، الفينول، الأكسجين الكيميائي المتص.
الأدوية	الأكسجين الكيميائي المتص.
الإلكترونيات، الطلاء بالمعادن وتشطيط المعادن	الرقم الأيروجيني، المعادن الثقيلة، الأكسجين الكيميائي المتص، السيانيد، المواد الصلبة
الطباعة	الرقم الأيروجيني، المعادن.

متطلبات القوانين البيئية

لم تكن مصر بأقل تأثراً بمشاكل البيئة من غيرها من الدول الأجنبية ولا بأقل اهتماماً بها وإيجاد الحلول لها بما يتناسب مع الظروف المحلية.

وقد أجريت في مصر دراسات عديدة لمواجهة المشاكل البيئية في الأونة الأخيرة، وقام المهتمون بشئون البيئة في مصر مع الجهات الحكومية والسياسية بوضع القوانين التي تحمي المجاري المائية وشبكة الصرف الصحي والمياه الجوفية من التلوث.

القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢

أوجب القانون رقم (٤٨) والصادر في سنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجاري المائية من التلوث، عدم الترخيص بصرف الملوثات إلى نهر النيل وفروعه والترع والمصارف والجنايبات وخزانات المياه الجوفية، قبل مطابقة خصائص هذه المخلفات للمعايير الواردة باللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الري رقم (٥٨) في سنة ١٩٨٣.

القانون رقم ٩٢ لسنة ١٩٦٢

أوجبت أحكام القانون رقم « ٩٣ » لسنة ١٩٦٢ ضرورة معالجة المخلفات السائلة التي يتم صرفها من مختلف المنشآت الصناعية على شبكة الصرف بالمدن بما يتمشي مع المعايير الواردة باللائحة التنفيذية لهذا القانون، وتجدر الإشارة هنا إلى أنه عند إصدار أى قانون خاص بالملوثات يجب الأخذ في الاعتبار ما يلي :

١ - أن معظم الملوثات لها حدود في تركيزاتها ، تعتبر التركيزات آمنة إذا قلت قيمتها عن هذه الحدود . وهذه التركيزات محددة بالقانون وتتصل مباشرة بصحة الإنسان والإحتياجات البيئية .

وعند اختيار الحدود الآمنة ، فإنه من الضروري تحديد مكان التخلص من الملوثات . على سبيل المثال فإن المعايير المطلوبة للمخلفات المراد التخلص منها على السطوح المائية تختلف في مواصفاتها وحدودها عن المخلفات المراد التخلص منها على شبكة الصرف الصحي .

٢ - التركيزات الآمنة لمخلفات الصناعة تعتمد أساساً على المجالات الأربعة التي تحتاج إلى حماية وهي :

شبكة الصرف الصحي .

العمالة .

محطة المعالجة .

إعادة الاستخدام .

٣ - يمكن تعديل الحدود الآمنة للمخلفات تبعاً لمستوى التخفيف في محطات الصرف نفسها وزمن إلقاء المخلفات وقدرة المحطة على الاستيعاب .

ويجب الأخذ في الاعتبار أن التخلص من المخلفات السائلة في المصارف الزراعية أو نهر النيل يستلزم حدوداً وتركيزات آمنة أكثر صرامة عن مثيلاتها في شبكة الصرف الصحي .

٤ - الملوثات المستهدفة يجب تقييمها بمجموعة من القوانين المجتمعة بحيث تتمشى واحتياجات حماية البيئة .

ومع ذلك فإن مجموعة المعايير القياسية يمكن اختيارها بغض النظر عن حجم عملية التنقية أو معدل التخفيف داخل المحطة ويرجع ذلك لسهولة التحكم فيها وتطبيقها ، كما هو الحال في القانون ٩٣ .

مواصفات الصرف على المجاري العمومية

للتخلص من المخلفات الصناعية السائلة في شبكة الصرف الصحي ، هناك اعتبارات يجب مراعاتها عند وضع المواصفات القياسية ، أهمها :

أن المواد التي تحدث دماراً في البيئة لا يجوز صرفها بأي حال من الأحوال وهي تشمل علي سبيل المثال وليس الحصر المواد المسببة للمسرطان ، المواد المشعة ، الازوتوب ، الهيدروكربونات عديدة الأروماتية ، والمبيدات ، والهيدروكربونات الكلورة ، المذيبات القابلة للاشتعال أو السامة ، الزيوت ، كبريد الكالسيوم .

أما في مصر فقد صدر القانون رقم « ٩٣ » لسنة ١٩٦٢ بشأن صرف المخلفات الصناعية على شبكة الصرف الصحي ، وتم تحديد المواصفات المتاحة بالمخلفات

السائلة قبل صرفها على المجارى العمومية بالشروط الآتية :

- # ألا تزيد درجة الحرارة عن ٤٠°م .
- # ألا يقل الرقم الأيروجيني عن ٦ ولا يزيد عن ١٠ .
- # ألا تزيد المواد المترسبة عن ٥ سم^٣ / اللتر في ١٠ دقائق ولا تزيد عن ١٠ سم^٣ في ٢٠ دقيقة .
- # ألا يزيد كبريتور الأيدروجين (مقدراً علي هيئة كبريت) عن ١ مجم / لتر .
- # ألا تحتوي على مواد سامة بكميات ضارة بحياة الأسماك أو الكائنات الحية .
- # ألا تزيد الزيوت والشحوم والمواد الراتجة عن ١٠٠ مجم / لتر .
- # ألا تحتوي على مواد ينتج عنها تصاعد غازات قابلة للاشتعال أو درجة اشتعالها ٨٥ م أو أقل .

وجدير بالذكر أنه يجب معالجة المخلفات الصناعية حتى تتوافق مواصفاتها مع المعايير المنصوص عليها بالقانون قبل إلقتها على شبكة الصرف الصحي ، حيث أن وجود المواد السامة وخاصة المعادن الثقيلة أو السيانيد أو الأحماض أو الفلوريدات سوف يؤثر تأثيراً سلبياً على كفاءة عمليات معالجة مياه الصرف الصحي ، والتي عادة ما تتم بالطرق البيولوجية التي تعتمد على الكائنات الحية الدقيقة ، علاوة على تآكل خطوط الشبكات مع مرور الوقت .

ويوضح الجدول رقم (١٠) المعايير القياسية للمخلفات الصناعية السائلة قبل التخلص منها على شبكة الصرف الصحي ، وهذا الجدول تم تجميعه من عدة مصادر أجنبية .

تعديل القانون رقم ٩٣ ، لسنة ١٩٦٢

لقد صدر هذا القانون منذ أكثر من عشرين عاماً ، ونظراً للزيادة المطردة في كميات صرف المخلفات السائلة في المجارى العامة في السنوات الأخيرة وذلك نتيجة للزيادة السكانية وانتشار العمران والتوسع في المشروعات الصناعية التجارية وغيرها ، مما شكل عبئاً كبيراً على شبكات المجارى ، فضلاً عن سوء حالتها لانتهاء عمرها الافتراضى . ولما كانت المخلفات السائلة هي أحد مصادر

تلوث البيئة الرئيسية وذلك بالنظر إلى سوء حالة شبكات المجارى ، وعلى التوسع في إنشاء المصانع الجديدة ، وعلى مدى قدرة الشبكات على استيعاب الكميات الهائلة المنصرفة بصعب الوصول بمواصفاتها إلي معايير المنصوص فى القانون رقم «٩٣» لسنة ١٩٦٢ . لذلك كانت الحاجة الماسة لصدور تشريع جديد يواجه بأحكامه المتغيرات الجديدة التى طرأت على صرف هذه المخلفات ويغضى القصور فى القانون رقم «٩٣» لسنة ١٩٦٢ .

ويضع الجدول رقم (١١) المواصفات القياسية المعدلة بالقرار الوزاري رقم «٩» لسنة ١٩٨٩ بشأن صرف المخلفات الصناعية المعالجة إلي شبكة الصرف الصحي .
ومقارنة هذا القانون بالقوانين الدولية الأخرى ، نجد أن القانون المصرى أكثر تشدداً في أحكامه إذا ما قورن مثلاً بالقانون المائل في المملكة المتحدة التى تعتمد على أن هناك معالجة تامة في محطات الصرف الصحي للمخلفات .

جدول رقم (١١)
المواصفات المصرية للعدالة لمخلفات الصناعة قبل صرفها علي شبكة
الصرف الصحي

أقل من ٢١٠٠ / اليوم	أكثر من ٣١٠٠ / اليوم	القياسات
٦ - ١٠	٦ - ١٠	الرقم الايدروجيني
٤٣ م	٤٣ م	درجة الحرارة
٢٠	١٠	اللون (لوفيبوند وحدة)
٢٠٠٠	١٠٠٠	المواد العالقة مجم / لتر
٢٠٠٠	١٠٠٠	الأكسجين المحيوي المتصص مجم / لتر
٤٠٠٠	٢٠٠٠	الأكسجين الكيميائي المتصص مجم / لتر
١٠٠	٥٠	الزيوت والشحوم مجم / لتر
١	١	المعادن الثقيلة : الكادميوم مجم / لتر
١	١	الزئبق مجم / لتر
١٠	٥	الزرنك ، برون ، كروم ، نحاس ، رصاص ، النيكل ، الفضة (منفصلة) مجم / لتر
٢٠	١٠	زنك ، باريوم ، قصدير ، منجنيز منفصلة مجم / لتر
٥٠	٥٠	الحدود الكلية المسموح بها (مجمعة) مجم / لتر
٥٠	٥٠	الحديد مجم / لتر
١٠	١٠	السيانيد مجم / لتر
١٠	١٠	الكبريتيد مجم / لتر
١٠٠٠	١٠٠٠	الكبريتات مجم / لتر
١٠	١٠	الفينول مجم / لتر
٥٠	٥٠	المنظفات مجم / لتر

جمع العينات وتحليل البيانات

المسح الشامل للمصنع

قبل القيام بجمع العينات وتحليلها يجب عمل مسح شامل للمنشأة الصناعية للتعرف على عمليات التصنيع المختلفة والمواد الكيميائية المستخدمة في التصنيع (المواد الخام) وتحديد مصادر التلوث في الوحدات الإنتاجية المختلفة ، علاوة على ذلك يجب معرفة كمية المياه المنصرفة من المنشأة حتى يتم على أساسها عمل تصميم وحدات المعالجة المطلوبة .

وللوصول لهذا الهدف يمكن إعداد إستمارة خاصة بالصرف الصناعي تشتمل على بعض البيانات الأساسية منها على سبيل المثال لا الحصر :

- ١ - عدد العاملين.
- ٢ - المواد الخام.
- ٣ - المنتج النهائي.
- ٤ - عدد وريديات التشغيل.
- ٥ - كمية المياه المنصرفة.
- ٦ - أماكن التخلص من المخلفات.
- ٧ - احتمال وجود معالجة من عدمه .

طريقة جمع العينات

يتم تجميع عينات المخلفات الصناعية السائلة من المخرج النهائي للمنشأة قبل نقطة التخلص منه إما على شبكة الصرف الصحي أو المسطحات المائية ويتم تجميع عينة بحيث تكون ممثلة لطبيعة وكمية التصرف خلال ساعات التشغيل الفعلية بالمنشأة . ويتم ذلك باستخدام مضخة جرعات تعمل بصفة مستمرة .

وإذا كان هناك من مخرج للمنشأة الصناعية فيمكن أخذ عينات منفصلة لكل مخرج ، ويمكن خلطها معيلاً بنسبة التصرف الفعلي .

التحليل

تجرى بعد أخذ العينة مباشرة ، أما إذا تعذر ذلك وتأخر إجراء التحاليل المقررة

لمدة تزيد عن ثلاث ساعات ، فيجب حفظ العينة داخل صندوق ثلاجة مع إحاطة الوعاء بطبقة من الثلج .

وهناك بعض القياسات التي يجب قياسها فور تجميع العينات (قياسات حقلية) مثل الرقم الأيذروجيني ، الأكسجين الذائب ، درجة الحرارة . بينما هناك قياسات أخرى يجب تثبيتها فور جمع العينات مثل كبريتيد الأيدروجين ، الأمونيا ، الفينول ، وذلك باتباع الطرق القياسية العالمية (APHA standard methods for water & waste water examination)

البيانات :

يجب علي المكلف بأخذ العينة أن يملأ بخط واضح بمنتهى الدقة البيانات التالية والتي ترسل مع عينة المخلفات السائلة إلي معامل التحاليل .

- ١ - مكان أخذ العينة .
- ٢ - تاريخ أخذ العينة .
- ٣ - ساعة أخذ العينة .
- ٤ - درجة الحرارة وقت أخذ العينة .
- ٥ - اسم ووظيفة أخذ العينة .
- ٦ - وصف عام أو أي بيانات تفيد التحليل (استمارة الاستبيان) .
- ٧ - وضع ختم (Label) علي زجاجة العينة .
- ٨ - التوقيع .

معامل التحاليل المتاحة :

فيما يلي محاولة لحصر معظم معامل التحاليل المتاحة ، وهي كالآتي :

- ١ - المركز القومى للبحوث - قسم بحوث تلوث المياه .
- ٢ - المعمل المركزى - جامعة عين شمس .
- ٣ - المعهد العالى للصحة العامة - بالإسكندرية .
- ٤ - مركز الدراسات العليا للبحوث التابع لجامعة الإسكندرية .

- ٥ - مركز بحوث المياه ومعاهد المختلفة .
- ٦ - مركز البحوث الزراعية ومعاهد المختلفة - بوزارة الزراعة واستصلاح الأراضي.
- ٧ - المعهد القومي لصحة البيئة بوزارة الصحة .
- ٨ - معهد التبين للدراسات التعدينية :
ويقوم بعمل التحاليل الآتية :
هواء - تحليل سوائل - ميكروبيولوجي
- ٩ - معامل وزارة الصحة :
وهي كثيرة ، منها :
معملان يقومان بتحليل المياه والمخلفات السائلة ، وهما :
- مركز الصحة البيئية بامبابة .
- معامل التحليل المركزي .
- ١٠ - معهد علوم البحار .
- ١١ - الهيئة العامة لمرفق مياه القاهرة الكبرى :
المعمل المركزى بالفسطاط ويقوم التحاليل الروتينية لمياه الشرب . .
- ١٢ - معامل قطاع خاص :
ومنها علي سبيل المثال :

Chemi Art
Raymond Misr Foundation
Ardama Ace
Geochemica Industries
ASE (Arab Swiss Engineering)

- ١٣ - شركة كيمكس للخدمات العلمية والصناعية ٦ شارع طلعت حرب
أسكندرية ت القاهرة : ٢٠٢٠٣٨٨ ت أسكندرية : ٤٨٣٧٨٠٢

الفصل السابع

النواحي القانونية للتفتيش البيئي

لقد أدرك المشرع المصري ، منذ النصف الأول من هذا القرن ، أهمية الحفاظ على البيئة وصون مواردها ، فضمن التشريعات العقابية العديد من النصوص ذات الأبعاد البيئية وفي مقدمة هذه التشريعات قانون العقوبات المصري رقم ٥٨ لسنة ١٩٣٧ ، والذي اشتملت أحكامه علي نصوص تجرم الإهمال في تنظيف أو إصلاح المداخل أو الأفران أو المعامل التي تستعمل فيها النار ؛ كما تعاقب من رمى أحجاراً أو أشياء أخرى صلبة أو قاذورات على عربات أو سيارات أو بيوت أو مبان أو ممتلكات للغير أو على بساتين أو حظائر (وكذلك من رمى في النيل أو الترع أو المصارف أو مجارى المياه الأخرى أدوات أو أشياء يمكن أن تعوق الملاحة أو تزحم مجارى تلك المياه) . ومن وضع في المدن علي سطح أو حوائط سكنه مواد مركبة من فضلات أو روث البهائم أو غيرها مما يضر بالصحة العامة .

كما أصدر العديد من التشريعات الخاصة التي تحمي البيئة في عناصرها المختلفة ؛ ومن قبيل تلك التشريعات ، القانون رقم ٤٥ لسنة ١٩٤٩ بتنظيم استعمال مكبرات الصوت ، والعديد من قوانين النظافة العامة وآخرها القانون رقم ٣٨ لسنة ١٩٦٧ ، والقرار بالقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ في شأن صرف المخلفات السائلة ، والقانون رقم ٥٧ لسنة ١٩٨٠ في شأن التخلص من البرك والمستنقعات ومنع إحداث الحفر ، والقانون رقم ٥٢ في شأن المحميات الطبيعية .

القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤

أخيراً توج المشرع المصرى جهوده من أجل حماية البيئة والحفاظ عليها بإصداره القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ ، الذي يعد صدوره حدثاً بيئياً هاماً ونقلة حضارية كبيرة حققتها مصر وهى علي مشارف القرن الحادى والعشرين ، لتتبوأ مكانتها بين الدول المتحضرة التي تولي عناية خاصة لحماية البيئة ومكافحة تلوثها .

فبرغم أن التقدم العلمى والتكنولوجى قد أسهما إلي حد كبير فى تطوير أساليب الحفاظ على البيئة وخفض تلوثها وصون مواردها ، إلا أن تلك الوسائل

وحدها لا يمكن أن توفر الحماية اللازمة للبيئة مالم تكن هناك ضوابط حازمة وملزمة تكفل تلك الحماية وتلزم الافراد والجماعات بتجنب الأفعال الضارة بالبيئة والتزام السلوك الذي يحافظ علي سلامة البيئة وصون مواردها . فوجود نظم تشريعية بيئية متطورة متفهمة ومدركة لكافة مكوناتها وعناصرها من شأنه أن يكفل الكمال لمنظومة الحفاظ علي البيئة ويحقق الهدف المنشود من تلك الحماية . بيد أن ذلك مشروط بأن تتسم هذه النظم التشريعية بالديناميكية والمرونة اللتين تكفلان لها مسايرة التطور السريع في الأساليب العملية التكنولوجية بل وفي مفهوم البيئة ذاتها ، وما يطرأ عليه من متغيرات في المضمون والأبعاد .

مهلة توفيق الأوضاع في القانون

أوجب القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن البيئة في المادة الأولى من مواد إصداره (علي المنشأة القائمة وقت صدوره) توفيق أوضاعها وفقاً لأحكامه خلال مهلة حددها بثلاث سنوات اعتباراً من تاريخ نشر لائحته التنفيذية وبما لا يخل بتطبيق أحكام القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ في شأن حماية نهر النيل والمجاري المائية من التلوث ، وأجاز القانون لمجلس الوزراء (بنا علي عرض الوزير المختص بشئون البيئة) مد هذه المهلة لمدة لا تتجاوز عامين علي الأكثر ، إذا دعت الضرورة ذلك وتبين لمجلس الوزراء جدية الاجراءات التي اتخذت في سبيل تنفيذ أحكام القانون .

وقد صدرت لائحته التنفيذية لقانون البيئة بقرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥ في ١٨ فبراير سنة ١٩٩٥ ونشرت بالوقائع في ٢٨ فبراير سنة ١٩٩٥ لهذا فإن مهلة السنوات الثلاث تبدأ بهذا التاريخ وتنتهي في ٢٨ فبراير سنة ١٩٩٨ ، وقد نصت اللائحة التنفيذية في المادة الثانية من مواد إصدارها علي انه مع عدم الاخلال بأحكام المادة الأولى من القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ المشار إليه ، علي المنشآت التي ترغب في مد المهلة المقررة لتوفيق أوضاعها إن تتقدم بطلبها إلي جهاز شئون البيئة قبل ستة أشهر سابقة علي نهاية مدة الثلاث سنوات المنصوص عليها في المادة المذكورة، علي أن يشتمل الطلب علي مبررات المد وما أتخذ من إجراءات لتطبيق أحكام اللائحة المرفقة.

وأوجبت اللائحة علي جهاز شئون البيئة أن يتحقق من صحة البيانات المقدمة ،

ومدي جدية المنشأة في تطبيق هذه اللائحة ، وأن يرفع بذلك تقريراً مفصلاً ومدعماً بالمستندات إلى الوزير المختص بشئون البيئة لعرضه على مجلس الوزراء ، وأجازت اللائحة لجهاز شئون البيئة أن يستعين عند إعداد التقرير الخاص بالمد بخبراء ينتدبهم لهذا الغرض ، ويتحمل طالب المد في هذه الحالة التكاليف التي يقدرها الجهاز لهؤلاء الخبراء .

وهكذا فإنه وفقاً للأحكام المتقدمة بتعين على المنشآت (التي كانت قائمة وقت صدور القانون في ٢٧ فبراير ١٩٩٤) أن توفيق أوضاعها وفقاً لأحكامه قبل ٢٨ فبراير سنة ١٩٩٨ ، وإلا تعرضت لتطبيق أحكامه عليها ، وعلى المنشآت التي ترغب في استخدام حقها في مد المهلة لمدة لا تتجاوز عامين على الأكثر أن تتقدم بطلبها إلى جهاز شئون البيئة قبل ٢٨ أغسطس سنة ١٩٩٧ موزعة مبررات المد وما أتخذته من إجراءات في سبيل توفيق أوضاعها فإذا تحقق جهاز شئون البيئة من صحة البيانات المقدمة وتبين له جدية المنشأة في تطبيق أحكام القانون واللائحة ، فإنه يرفع بذلك تقريراً مفصلاً ومدعماً بالمستندات إلى الوزير المختص بشئون البيئة لعرضه على مجلس الوزراء .

ومن أهم الأحكام المتعلقة بالصناعة التي تضمنها قانون البيئة ولائحته التنفيذية ما يلي :

- ١ - خضوع التوسعات في المنشآت القائمة لتقييم التأثير البيئي
- ٢ - متابعة التزام متابعة التزام المنشآت بمعايير حماية البيئة .
- ٣ - أحكام خاصة بالمواد والنفايات الخطرة .
- ٤ - أحكام خاصة بالانبعاثات والمخلفات الملوثة .

تم بحمد الله

المراجع العربية

- ١ - الهندسة الصحية - د/ محمد علي علي فرج - كلية الهندسة جامعة
الأسكندرية .
- ٢ - مبادئ في الهندسة الصحية - د/ محمد صادق العدوي ، د/ أحمد عادل
حمودة .
- د/ رزق مرقص رزق - كلية الهندسة الأسكندرية .
- ٣ - هندسة الصرف الصحي (هندسة صحية (٢) - د/ محمد صادق العدوي -
كلية الهندسة - جامعة الأسكندرية .
- ٤ - تجميع ومعالجة مياه الفضلات - تأليف وترجمة محمد أنيس الليلة - الجمهورية
العراقية - جامعة الموصل .
- ٥ - الماء (مازق ومواجهات) أ.د/ عبد المنعم بليغ ، أ.د/ السيد خليل عطا -
الناشر منشأة المعارف الأسكندرية .
- ٦ - تنقية المياه المألحة - تأليف ك . من بيجلر - ترجمة د/ مصطفى محمد السيد
مركز النشر العالمي - جامعة الملك عبد العزيز - جدة .
- ٧ - منع التلوث في الصناعات النسيجية - مشروع ترشيد الطاقة وحماية البيئة .
- ٨ - التلوث مشكلة العصر - تأليف د/ أحمد مدحت أسلام - عالم المعرفة -
الكويت .

المراجع الاجنبية

- 1- Boiler Water Treatments , Revised and Published by Energy Conservation and Environmental Protection (ECEP) - 1994 .
- 2 - Boiler Water Requirements For Safe operation , Prof.A.N Mahdi .
- 3 - Water supply , By A.C Twort , F.MLaw F.W. Crowley , Published By Edward Arnold London , Aucland, reprint 1990, 1992.
- 4 - Boiler Efficiency Instiute, Auburn , Alabama 36831 - 2255.
- 5 - Pollution Prevention Concept , Revised and Published By ECEP - 1995 .
- 6 - Sewage Water Treatment , Seminar on Industrial Pollution control may 1988 - High Institute of Public Health .

الفهرس

الباب الأول

الماء ومصادره

- ٩ الفصل الأول : الماء
١٣ الفصل الثاني : مصادر الماء العذب

الباب الثاني

نوعية الماء والمواد الملوثة له والمشاكل الناجمة عنه

- ٢٣ الفصل الأول : نوعية الماء
٢٥ الفصل الثاني : المواد الملوثة له
٣٥ الفصل الثالث : عسر الماء والمشاكل الناجمة عنه .

الباب الثالث

تنقية ماء الشرب

- ٥٣ الفصل الأول : مواصفات الماء
٥٧ الفصل الثاني : الترويق

٥٧	..... - بالترسيب الطبيعي
٥٨	..... - بالترسيب الكيميائي
٧٥	..... الفصل الثالث : الترشيح
٨٥	..... الفصل الرابع : تطهير الماء

الباب الرابع

معالجة الماء للأغراض الصناعية

٩٣	..... الفصل الأول : تيسير الماء (إزالة العسرة) .
٩٣	..... - بطريقة الجير (العسرة المؤقتة) .
٩٤	..... - بطريقة الجير والصودا علي البارود (العسرة الدائمة) .
٩٦	..... - بطريقة الجير والصودا على الساخن .
٩٩	..... - بطريقة الزيوليت (المبادلات الأيونية) .
١٠٢	..... - المبادلات الكتيونية .
١٠٥	..... - المبادلات الأنيونية .
١٠٦	..... - دورة التفاعل (التشغيل)
١٢١	..... الفصل الثاني : معالجة مياه المراجل .
١٢٢	..... ١- منع تكوين القشور داخل الغلاية .
١٢٣	..... - بالترسيب باستخدام الكربونات .

- ١٢٥ - بالترسيب باستخدام أملاح القوسفات.
- ١٢٦ - منع تكوين القشور داخل الغلاية بلون ترسيب.
- ١٢٦ - باستخدام المواد المخليبة.
- ١٢٧ - منع تكوين القشور داخل الغلاية بالطرق الإضافية
- ١٢٧ - تهئية الحماة.
- ١٢٨ - التحكم في القلوية.
- ١٢٩ - طرق التخلص من غاز الأكسجين في مياه الغلايات
- ١٢٩ - التخلص حرارياً.
- ١٣١ - التخلص كيميائياً.

الفصل الثالث : تلوث البخار في المحطات البخارية . ١٣٧

الباب الخامس

طرق تحليل الماء

- ١٥٤ - قياس الاس الهيدروجيني PH ١
- ١٥٥ - قياس القلوية. ٢
- ١٥٧ - قياس العدد القلوي. ٣
- ١٥٨ - تعيين العسر المؤقت في الماء. ٤
- ١٥٩ - تعيين العسر الكلي في الماء. ٥
- ١٦٠ - تعيين المواد الصلبة في الماء. ٦

- ١٦٠ ٧ - تعيين الكلوريدات في الماء.
- ١٦١ ٨ - تعيين الكبريتات في الماء.
- ١٦٣ ٩ - تعيين المواد العضوية.
- ١٦٤ ١٠ - تعيين السليكا في الماء.
- ١٦٨ ١١ - تعيين الحديد في الماء.
- ١٦٩ ١٢ - تعيين الفوسفات في الماء.
- ١٧١ ١٣ - تعيين الأكسجين الذائب في الماء.
- ١٧٣ ١٤ - تعيين ثاني أكسيد الكربون.

الباب السادس

تلوث البيئة

- ١٨١ الفصل الأول : عمليات معالجة المخلفات الصناعية المختلفة.
- ١٩٥ الفصل الثاني : المعالجة الأولية.
- ١٩٥ ١ - المصافي.
- ١٩٦ ٢ - أحواض حجز الرمال.
- ١٩٨ ٣ - التساوي والتعادل.
- ٢٠٠ ٤ - الترسيب الابتدائي.
- ٢٠٢ ٥ - الترسيب الكيميائي.
- ٢٠٧ الفصل الثالث : أعمال المعالجة النهائية بالمرشحات.

- ١ - حقول أو أحواض البكتريا. ٢١١
- ٢ - مرشحات الزلط البيولوجية. ٢١٣
- ٣ - الحماة المنشطة. ٢٢٠

الفصل الرابع : العمليات الإضافية.

- ١ - الاستخلاص الهوائي ٢٣٠
- ٢ - الأدمصاص بالكربون ٢٣١
- ٣ - المعالجة بالاستخلاص بالبخار ٢٣٦
- ٤ - الأكسدة الكيميائية ٢٣٨
- ٥ - التناضح العكسي ٢٤٢
- ٦ - الليزر الكهربيائية. ٢٤٥
- ٧ - الترشيح الغدائي ٢٤٨

الفصل الخامس : أسلوب معالجة الصرف الصناعي في الوحدات

- الصناعية. ٢٥١

الفصل السادس : تقدير عن المخلفات الصناعية السائلة. ٢٦٣

المصادر والتأثيرات البيئية في جمهورية مصر العربي.

الفصل السابع : النواحي القانونية للتفتيش البيئي ٢٨٥

٢٩٠ المراجع العربية

٢٩١ المراجع الأجنبية

الفهرس

شركة الجلال للطباعة
أول شارع السفن-العامرية
٠١٢/٣٣٢٤٥٠٣ 

نبذة عن المؤلف



- دكتور أحمد فؤاد مصطفى النجعاوي.
- بكالوريوس هندسة كيميائية - جامعة
الأسكندرية ١٩٦٣ .
- ماجستير هندسة كيميائية - جامعة
الاسكندرية ١٩٦٧ .
- دكتوراه الألياف النسجية - جامعة ليدز - إنجلترا ١٩٧٧ .

المؤلفات السابقة :

- ١ - تكنولوجيا تجهيز الأقمشة القطنية.
- ٢ - تكنولوجيا تجهيز وصباغة وطباعة الأقمشة القطنية.
- ٣ - تكنولوجيا الألياف الصناعية وخلطاتها.
- ٤ - صباغة الألياف الصناعية وخلطاتها.
- ٥ - طباعة الألياف الصناعية وخلطاتها.
- ٦ - تكنولوجيا صناعة الصوف.
- ٧ - السجاد والموكيت.
- ٨ - التكنولوجيا الحديثة للزوي

مجال الخبرة :

- شركة مصر صباغي البيض من ١٩٦٣ إلى ١٩٨٤ .
- في مجالات صباغة الأقمشة القطنية وصناعة توبس الصوف.
- شركة العاشر من رمضان لصناعات الغزل من ١٩٨٤ حتي الآن .
- عضو مجلس الإدارة المنتدب لشركة العاشر من رمضان لصناعات الغزل
(مجموعة النساجون الشرقيون) بمدينة العاشر من رمضان.

٢٠٠٠